



République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur  
Et De La Recherche Scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté Des Sciences Appliquées

Département De Génie Civil Et Hydraulique



C:.....  
R:.....

Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : Génie Civil

Spécialité : structure

Thème :

Contribution à L'étude Physico- Mécanique Des Briques De Terre  
Stabilisées Par L'ajoute De Ciment (Colle et Blanc)

Présenté par :

- > Guerfi Rania
- > Zouaouid Asma

Devant le jury composé de :

Kebaili.M

MCA

UKMO

Président

Mennai.A

MAA

UKMO

Examineur

Mekhermeche .A

MAA

UKMO

Encadreur

Année Universitaire : 2019/2020



## *Dédicace*

C'est avec une grande émotion,  
Je dédier ce modeste travail de fin d'étude aux êtres les plus  
chères :  
A mes parents qui ont fait de moi ce qui je suis aujourd'hui et  
notre proche et A toute mes amis Et tous mes professeurs  
Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce  
Projet soit possible, je vous dis merci.





## *Remerciement*

Nous remercions en premier lieu Dieu tout puissant de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

Nous exprimons notre sincère remerciement à toutes les personnes qui ont aidés de près et de loin Pour réaliser se travail.

Mons remerciements sont adressés chaleureusement à notre encadreur DR.Mekhermeche . ABDESSALAM

Nous tenons remercier aussi l'ensemble des enseignants et responsables de la filière génie civil ont contribues amener à bien notre formation par leur aides et leurs conseils.

Grand Merci à tous



## Table Des Matières :

Résumé .....	I
ملخص.....	I
Abstract .....	I
Liste des tableaux .....	II
Liste des figures .....	III
Liste des photos.....	VI
Introduction Générale.....	01

### Chapitre (I): Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques:

I -1 introduction .....	01
I -2 Définition de brique .....	01
I -3 Caractéristique de brique.....	01
I-4 Brique de terre crue .....	01
I.4.1) L'adobe .....	03
I. 4.1.1)La production... ..	04
I. 4.1.1.2) Modes de production de l'adobe.....	0
I. 4.1.2) Les produits... ..	05
I.4.1.3) Les avantages de l'adobe .....	06
I. 4.2) Les pisés... ..	06
I.4.2.1) Définition... ..	06
I.4.2.2 )Technique de production... ..	07
I. 4.2.3) Différent type de pisé.....	08
I.4.2.4) Les avantages de pisé.....	08
I. 4.3) BTC comprimée .....	08
I. 4.3.1)définition .....	08

I. 4.3.2 )productions des blocs de terre comprimée .....	09
I.4.3.3) Les Avantage de bloc de terre comprimée .....	10
1.4.3.4) Diversités des produits de blocs de terre comprimée .....	10
<b>I -5) les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée) .....</b>	<b>11</b>
<b>I.-6) brique en terre cuite .....</b>	<b>12</b>
I.6.1) Processus de production .....	12
I.6.2) produits de brique en terre cuite .....	13
I.6.2.1. Briques ordinaires .....	13
I.6.2.2 Bloc perforé .....	14
I.6.2.3 Brique creuse .....	14
I.6.2.4. BRIQUES SILICO-CALCAIRE .....	15
I.6.3) les propriétés et caractéristiques de brique de terre cuite .....	18
<b>I -7) Stabilisation .....</b>	<b>18</b>
<b>I.7.1) Définition .....</b>	<b>19</b>
<b>I.7.2) Objectif.....</b>	<b>19</b>
<b>I.7.3) Procédés... ..</b>	<b>19</b>
I.7.3.1) Stabilisation mécanique.....	20
I. 7.3.2) Stabilisation physique .....	20
I. 7.3.3) Stabilisation chimique .....	20
<b>I.7.4) Moyen de stabilisation .....</b>	<b>20</b>
I.7.4.1 )Densifier .....	20
I.7.4.2) Armer .....	21
I.7.4.3) Enchaîner.....	21
I.7.4.4) Liaisonner.....	21
I.7.4.5) Imperméabiliser.....	21
I.7.4.6) hydrofuger .....	22

<b>I.7.5) les modes de stabilisation.....</b>	<b>22</b>
I.7.5.1) Compression.....	23
I.7.5.2) Correction de texture.....	23
I.7.5.3) Ajout de fibre .....	23
I.7.5.4) Ajout de ciment .....	24
I.7.5.5) Ajout de chaux .....	26
<b>I.7.6) calcul du dosage stabilisation .....</b>	<b>26</b>
I.7.6.1) Principe .....	26
I.7.6.2) Calcule de la masse volumique foisonnée sèche.....	27
I.7.6.3) Dosage terre, sable ou gravier .....	27
I.7.6.4) Les méthodes de calcule.....	27
I.7.6.4.1 Méthode de calcul pour un mélange terre/ciment.....	27
I.7.6.4.2 Méthode de calcul pour un mélange terre, sable (ou gravier) et ciment.....	27
<b>I -8) Généralités sur les ciments.....</b>	<b>29</b>
<b>I.8.1) Définition .....</b>	<b>29</b>
<b>I.8.2) Fabrication.....</b>	<b>29</b>
I.8.2.1 Principe de fabrication des ciments .....	29
<b>I.8.3 classe des ciments.....</b>	<b>30</b>
<b>I.9 L'argile .....</b>	<b>30</b>
I.9.1 Définition.....	31
<b>I.10 conclusion.....</b>	<b>31</b>
<b>Chapitre (II) : <u>Caractéristiques des matériaux et les méthodes des essais</u></b> <b><u>mécaniques des briques</u></b>	
<b>II -1) introduction.....</b>	<b>32</b>
<b>II -2) Matériaux utilisés .....</b>	<b>32</b>
<b>II.2.1) L'argile.....</b>	<b>32</b>

II.2.1.1) Analyse granulométrique par sédimentation (norme NFP94-056/ NF P 94-057).....	33
II.2.1.2) Limite d'Atterberg (Norme NF P 94-051) .....	34
II.2.1.3) Classification des argiles selon les limites d'ATTERBERG .....	35
II.2.1.4) Analyse chimique.....	36
<b>II.2.2) Le ciment.....</b>	<b>37</b>
II.2.2.1) Les caractéristiques de ciment... ..	37
<b>II.2.3) Le sable des dunes .....</b>	<b>39</b>
II.2.3.1 Masses volumiques .....	39
II.2.3.2 Analyse minéralogique du sable des dunes .....	40
II.2.3.3 Analyse chimique .....	40
II.2.3.4 Analyse granulométrique .....	41
II.2.3.5 Module de finesse.....	42
II.2.3.6 Équivalent de sable.....	42
<b>II.2.4) L'eau.....</b>	<b>44</b>
<b>II -3) Méthode de mesure la vitesse .....</b>	<b>44</b>
<b>II.3.1) Essai ultrasonique .....</b>	<b>44</b>
II.3.1.1) Objectifs d'essai.....	44
II.3.1.2). Principes de l'essai.....	44
II.3.1.3) Expression des résultats .....	45
<b>II -4) Propriétés mécaniques .....</b>	<b>45</b>
II.4.1) Essai de flexion par traction.....	45
II.4.2) Essai de compression .....	46
<b>II -5) conclusion .....</b>	<b>48</b>

## **Chapitre (III) : Résultats Et Interprétations**

<b>III-1) Introduction .....</b>	<b>49</b>
<b>III -2) Préparation des briques... ..</b>	<b>49</b>
III.2.1) Préparation des échantillons utilisés dans l'étude.....	49
III.2.2. Les différentes compositions utilisées .....	51
<b>III-3) Résultats et Discussions.....</b>	<b>51</b>
<b>III.3.1. La masse volumique .....</b>	<b>51</b>
<b>III.3.2. Essais Mécanique .....</b>	<b>52</b>
III.3.2.1. La Résistance à la flexion par traction .....	52
III.3.2.2. La Résistance à la Compression.....	54
III.3.2.3. La vitesse de son... ..	56
<b>III-4) conclusion .....</b>	<b>59</b>
<b>Conclusion générale et recommandations.....</b>	<b>60/61</b>
<b>Référence.....</b>	<b>62</b>
<b>Annexe</b>	

# Résumé

Afin de réduire les coûts de construction et de l'énergie consommée dans le chauffage et la climatisation, l'utilisation de ciment colle et blanc pour installer des blocs de terre stabilisés. Le but principal de cette recherche c'est : d'étudier l'effet de l'utilisation du ciment colle et blanc sur les propriétés mécaniques et le comportement des blocs mécaniques et physico du sol stabilisé. Dans ce contexte, nous avons utilisé le rapport de l'argile(70%) , le sable(30%) et cinq niveaux de ciment (1% , 2% , 3% , 4% , 5%) du mélange sec.

Les mots clés :

Brique des terre stabilisées ; la stabilisation ; Ciment colle ; Ciment blanc ; Résistance ; la vitesse du son.

# Abstract

To reduce construction costs and energy consumed in heating and air conditioning, the use of glue and white cement to install stabilized earth blocks. the main goal is to study the effect of the use of glue and white cement on the mechanical properties and the behaviour of the mechanical and physical blocks of the stabilized soil. In this context, we used the ratio of clay (70%), sand (30%) and five levels of cement (1%, 2%, 3%, 4%, 5%) of the dry mix.

Keywords:

Stabilized earth brick; stabilization; Cement glue; Cement white; Resistance; speed of sound.

# ملخص

لتقليل تكاليف البناء والطاقة المستهلكة في التدفئة وتكييف الهواء ، استخدم الغراء والأسمنت الأبيض لتركيب كتل أرضية ثابتة. الهدف الرئيسي لهذا العمل هو دراسة تأثير استخدام الغراء والأسمنت الأبيض على الخواص الميكانيكية وسلوك الكتل الميكانيكية والفيزيائية للتربة المستقرة. في هذا السياق استخدمنا نسبة الطين (70 %) والرمل (30 %) و خمسة مستويات من الاسمنت ( 1% ، 2% ، 3% ، 4% ، 5% ) من المزيج الجاف الكلمات المفتاحية :

طوب أرضي مستقر ؛ استقرار ؛ غراء الأسمنت اسمنت ابيض؛ مقاومة؛ سرعة الصوت

# Liste des tableaux

<b>Tableau (I.1) : les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de Terre comprimée).....</b>	<b>12</b>
<b>Tableau (I. 2) : propriétés de brique silico-calcaire produits, les blocs pleins, Les blocs creux ;Les blocs spéciaux .....</b>	<b>17</b>
<b>Tableau (I.3) : les propriétés des briques creuses .....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau (I.4) : la résistance thermique des briques creuses .....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau (I.5) : propriétés des briques pleines et perforés.....</b>	<b>18</b>
<b>Tableau (I.6) : la Résistance thermique des briques pleines et perforés.....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau (I.7) : Moyens de stabilisation des terre remaniées (Houben,2006) .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau (II.01) : analyses granulométrie d'argile.....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau (II.02) : Classification des argiles selon Burmister .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau (II.03) : Classification des argiles selon Atterberg.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau( II.04) : Analyses chimiques d'argile.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau (II.05) : Les caractéristiques de ciment .....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau (II.06) : Compositions chimique de sable .....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau (II.07) :Analyse granulométrique de sable des dunes .....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau (II.08) : composition chimique de l'eau.....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau (III.01) : les défférentes composition utilisé.....</b>	<b>51</b>

# Liste des figures

<b>Figure (I.1) :</b> Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé .....	6
<b>Figure (I.2) :</b> Construction un mur en pisé .....	7
<b>Figure (I.3) :</b> Différents produits de blocs de terre comprimée .....	11
<b>Figure (I.4) :</b> Fabrication des produits de terre cuite .....	13
<b>Figure (I.5):</b> brique pleine .....	13
<b>Figure (I.6):</b> brique perforée .....	14
<b>Figure (I.7):</b> bloc perforé .....	14
<b>Figure (I.8) :</b> Brique creuse de terre cuite Type C .....	14
<b>Figure (I.9) :</b> Brique creuse de terre cuite Type RJ.....	15
<b>Figure (I.10) :</b> produit en briques silico-calcaire .....	15
<b>Figure (I.11) :</b> Influence de la teneur en ciment sur la résistance à la compression du bloc de terre comprimée stabilisée au ciment (Walker,1997) .....	25
<b>Figure (I.12) :</b> les étapes de fabrication de ciment.....	30
<b>Figure (II.01):</b> Courbe granulométrique d'argile .....	34
<b>Figure (II.02):</b> Présentation des limites d'Atterberg .....	35
<b>Figure (II.03):</b> Abaques de CAZAGRANDE de l'argile .....	35
<b>Figure (II.04) :</b> Diffractogramme de sable de dunes .....	40
<b>Figure(II.05):</b> courbe granulométrique de sable des dunes .....	42
<b>Figure (II. 06) :</b> Essais équivalent de sable.....	43
<b>Figure (II.07):</b> Mécanisme de l'appareille d'ultrasonique.....	45
<b>Figure (II.08) :</b> Essai de flexion par traction .....	46
<b>Figure (II.09):</b> Essai de compression.....	47
<b>Figure (III.1) :</b> La masse volumique en fonction du pourcentage % de la ciment colle.....	51
<b>Figure (III.2):</b> La masse volumique en fonction du pourcentage % de la ciment blanc.....	52
<b>Figure (III.3) :</b> La résistance à la flexion par traction des briques en fonction du % de ciment colle .....	53
<b>Figure (III.4) :</b> La résistance à la flexion par traction des briques en fonction du % de ciment blanc .....	54
<b>Figure (III.5) :</b> La résistance à la compression en fonction du % de ciment colle .....	55
<b>Figure (III .6 :</b> La résistance à la compression en fonction du % de ciment blanc .....	56
<b>Figure (III.7) :</b> La vitesse de propagation du son des briques en fonction du % de ciment colle.....	57
<b>Figure (III.8):</b> La vitesse de propagation du son des briques en fonction du % de ciment blanc.....	58

# Liste des photos

<b>Photo(I.1):</b> Moulage et séchage des blocs adobes .....	3
<b>Photo (I.2) :</b> Moule de l'adobe .....	4
<b>Photo (I.3) :</b> Composition de pisé .....	8
<b>Photo (I.4) :</b> Bloc de terre crue compressée réalisée à l'aide d'une presse Manuelle.....	9
<b>Photo (II.01) :</b> L'argile.....	32
<b>Photo( II.02) :</b> sables de dunes.....	39
<b>Photo ( III.1) :</b> préparation des briques.....	50

## Introduction générale :

La brique est un élément de construction généralement sous la forme d'un parallélépipède rectangulaire en argile brute, séchée au soleil - briques d'argile - ou cuite au four, et est principalement utilisée dans les murs de construction. La brique peut être facilement obtenue à partir d'argile ou de terre crue, et de nombreuses méthodes de fabrication de briques de terre ont été mises en œuvre en Afrique, en ce qui concerne le niveau de développement du logement dans les zones urbaines et rurales. Parmi ceux-ci, les procédés de compactage et de stabilisation chimique de la terre par ajout d'un agent stabilisant, en particulier du ciment, de la chaux, etc., confèrent aux briques les propriétés physiques et mécaniques qui sont cruciales dans son comportement face aux contraintes sur celles-ci. Dans tous les cas, la texture, la structure, la porosité et la granulométrie de la terre sont des éléments essentiels du comportement de la brique vis-à-vis de l'humidité de l'air et de l'effet direct de la pluie. Si le problème de la résistance des briques de terre a toujours concerné les ingénieurs du bâtiment, il reste difficile à résoudre dans un cadre général.

Cette recherche propose de réaliser une étude physico-mécanique des briques de terre stables en ajoutant du ciment colle et blanc.

L'utilisation de ciment blanc ou de ciment adhésif pour la fixation du sol en général est un domaine assez prisé grâce à d'importants travaux de laboratoire et réalisations dans ce domaine. Ces travaux ont permis de comprendre les mécanismes d'interaction entre la Terre et ce matériau de liaison.

- Le premier chapitre présente les différents types de briques existantes et leurs caractéristiques (de brique d'argile) mécaniques et physiques ainsi que d'équilibrage.
- Le deuxième chapitre est consacré à la caractérisation des composants Utilisé dans notre travail.
- Le dernier chapitre présente la phase pilote de nos travaux qui consiste en fabrication de briques à partir de ciment colle et ciment blanc a réalisation de leurs tests :

(Résistance à la compression, résistance à la flexion, vitesse de propagation du son).

Le présent mémoire se termine par une série de conclusions et de recommandations.

# Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

## **I-1) introduction :**

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure. Elle intervient comme un stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de cette dernière à l'air libre [1]. La terre crue parmi les éléments plus importants dans le domaine de la construction. La fabrication des blocs est passée par plusieurs étapes de développement dont la première, enfin la brique stabilisée. La technologie actuelle permet déréaliser plusieurs types de briques avec des performances supplémentaires pour différentes destinations (Brique de verre, brique cellulaire, brique monobloc ... etc.). Dans ce chapitre, nous allons exposer les étapes de progression de la technologie de confection des différents blocs.

## **I -2) Définition de brique :**

Une brique est un élément de construction généralement en forme de parallélépipède rectangle constitué de terre argileuse crue, séchée au soleil — brique crue — ou cuite au four, employée principalement dans la construction de murs. L'argile est souvent dégraissée par du sable [33].

## **I -3) Caractéristique de brique:**

- Résistez directement à la pression exercée sur lui.
- Le risque de fissuration est très faible.
- Sa capacité à retenir l'eau et à la rejeter.
- C'est un bon isolant qui ne libère pas d'eau de l'autre côté du cadre.
- Ses propriétés acoustiques sont fortes car il absorbe une grande partie des perturbations vocales.
- La brique est un élément structurel contrairement au béton.

## **I-4) Brique de terre crue :**

La terre crue est le matériau de construction traditionnel par excellence. On en retrouve la trace à l'âge de Bronze et la muraille de Chine présente des tronçons. De nombreux monuments inscrits au patrimoine mondial de l'humanité sont en terre crue : fort presses marocaines, pyramides d'Egypte..... [2] Aujourd'hui encore, environ 40% de l'humanité

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

habite des constructions en terre crue. Facilement mobilisable dans les régions où pierre et bois manquent, sa mise en œuvre est simple et ne nécessite pas de matériel sophistiqué. De même sa mise en œuvre, sans transport, sans cuisson, sans processus de transformation industriel lui confère une empreinte écologique et bilan CO2 exceptionnel [2]. Il existe plusieurs types de terre crue entre autres nous citons :

### I.4.1) L'adobe :

Les premiers éléments de construction préfabriqués utilisés par l'homme étaient des briques moulées en terre crue appelées « adobes », on est une technologie utilisée depuis des millénaires partout à travers le monde. L'adobe est un matériau de construction fait d'un mélange de sable, d'argile, une quantité de paille hachée ou d'autre fibre. De nature assez argileuse (jusqu'à 30% de fraction fine), mais très sableuse, ajoutée d'eau jusqu'à obtenir un état de pâte semi ferme (15 à 30% d'eau). Chaque élément du mélange joue son rôle. Le sable réduit la probabilité de microfissures dans le bloc de terre, l'argile agglutine les particules et la paille hachée, quant à lui, donne un certain grade de flexibilité. Ce mélange est par la suite déposé à la main dans un moule en bois de façon à fabriquer des petits éléments de maçonnerie, la dimension requise pour être démoulé et séché directement au sol (photo I.1). La brique d'adobe peut varier d'une dimension de 15 X 25 X 10 cm soit 30 X 60 X 10 cm. La construction en adobe est très répandue dans le monde, de la Chine aux pays du Moyen – Orient, de l'Afrique, à l'Amérique latine, en France et Etats Unis d'Amérique [3,4,5].



Photo I.1 : Moulage et séchage des blocs adobes

#### **I.4.1.1) La production:**

La production des blocs d'adobe doit prendre en compte des étapes successives depuis l'extraction de la terre jusqu'au stockage final du matériau prêt à être utilisé en construction [6].

#### **I.4.1.1.2) Modes de production de l'adobe :**

On distingue deux principaux modes de production des adobes, l'un manuel et l'autre mécanisé traduisant un mode de production traditionnel et un mode de production modernisé.

##### **a. Le mode de production manuel :**

- **Moules simples :**

Il correspond à un moulage traditionnel soit par façonnage manuel ou à l'aide d'un moule. Façonnée à la main (photo I.2), la terre est généralement utilisée à l'état de pâte plastique mi-ferme. La terre peut être employée à deux états hydriques différents, soit sous forme de pâte mi-molle et selon une méthode dite du "coup d'eau" (moule préalablement nettoyé et mouillé pour faciliter le démoulage), soit sous forme de pâte mi-ferme et selon une méthode dite du "coup de sable" (le moule préalablement nettoyé et mouillé est sou-poudré de sable pour faciliter le démoulage). Dans ces deux techniques de moulage manuelles, les rendements moyens de production se situent de 400 à 600 blocs par jour pour 2 ouvriers.



**Photo I.2 : Moule de l'adobe.**

- **Moules multiples :**

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

**II** associe l'utilisation de grands moules à compartiments multiples, généralement en forme d'échelles ou de forme carrée subdivisée en petits compartiments et la livraison de la terre, à l'état assez liquide par brouettes, dumpers ou bulldozers à godet. Parfois la terre est directement déversée depuis le malaxeur qui est alors mobile et tracté par ou sur un camion. Les moules doivent être manipulés facilement par 2 ouvriers (pas trop lourds) et doivent être propres et mouillés avant d'y déverser la terre. Compte tenu de l'état hydrique plus liquide de la terre, les adobes produites de cette façon présentent un risque de retrait et donc de fissuration plus importante. Il convient donc de compenser ce risque en utilisant une terre dont la texture est riche en gros sables et petits graviers. L'organisation de la production mécanisée se fait autour de deux principaux postes qui sont le malaxage et le moulage et mobilise 5 à 6 ouvriers selon la taille des unités, La production moyenne pour ce type d'organisation est de l'ordre de 8 000 à 10 000 blocs par jour [6].

### **b- Le mode de production mécanisé :**

La production mécanisée de blocs d'adobe a été développée dès la fin du XIX siècle, aux Etats Unis d'Amérique, notamment par un fabricant californien, Hans Stumpf. Celui-ci inventa au point une machine tractée par un animal domestique dans un premier temps puis motorisée et munie de pneus, dotée d'un système de trémie mobile au-dessus d'un moule à compartiments multiples (25 moules) recevant directement la terre et déposant au sol les 25 blocs successivement moulés. Ce type de machine permet une production pouvant aller de 20 à 30 000 blocs par jour.

### **I.4.1.2) Les produits :**

Les produits de la fabrication des adobes, manuelle ou mécanisée, sont extrêmement variés. Ils sont le plus souvent directement tributaires des savoir-faire traditionnels et varient quant au type de terre utilisée, au mode de moulage, aux dimensions des blocs (très changeantes) et aux destinations d'emploi plus ou moins spécifiques (blocs spéciaux). Les moules utilisés sont généralement en acier ou en bois (le plus souvent) et de forme très variée. Les dimensions les plus fréquentes de 40 x 40 x 15 cm ou 40 x 30 x 15 cm, ou 40 x 20 x 10 cm...). On distingue globalement trois principaux types de produits : Produits classique, produits spéciaux, produits antisismiques [6,7].

### **I.4.1.3) Les avantages de l'adobe :**

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

L'adobe possède plusieurs avantages par rapport aux matériaux industriels sont :

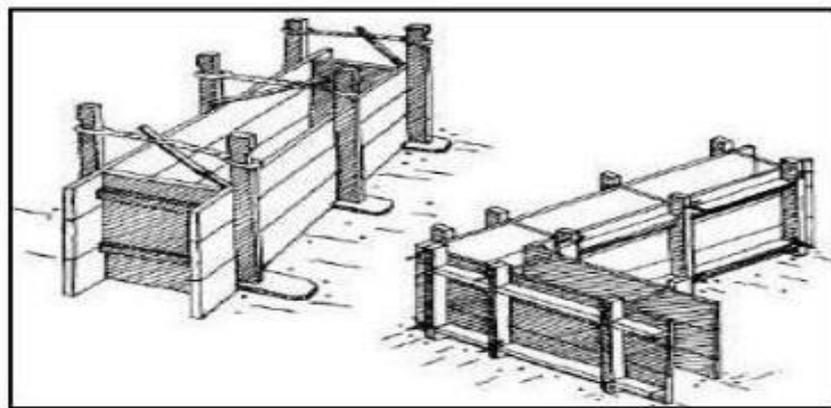
- Il a la capacité de régulariser l'humidité de l'air.
- D'emmagasiner la chaleur.
- Réduire la consommation d'énergie.
- De ne produire virtuellement aucune pollution.
- Construction peu coûteuse.
- N'entraîne pas la production de gaz [3].

### I.4.2) Les pisés :

#### I.4.2.1) Définition :

Le pisé, technique séculaire de mise en œuvre de terre crue, offre des qualités d'habitabilité et d'adaptation exceptionnelles mais nécessite une attention et un suivi régulier. Bien construite et protégé, le bâtiment en pisé traverse les siècles et s'adapte tout naturellement aux divers besoins des hommes [8]. Traditionnellement, les bâtiments en pisé portent de « bonnes bottes » et un « bon chapeau ». C'est à dire que le soubassement est traité de manière à éviter les remontées capillaires, (le plus souvent en galets, en pierre ou en briques de terre cuites maçonnées) et le débord de toiture est suffisant pour éviter le ruissellement de l'eau sur la façade. Le pisé, quant à lui, est en fait la compaction d'un volume de terre à l'intérieur d'un coffrage de façon manuelle en utilisant un pilon ou à l'aide de machinerie spécialisée.

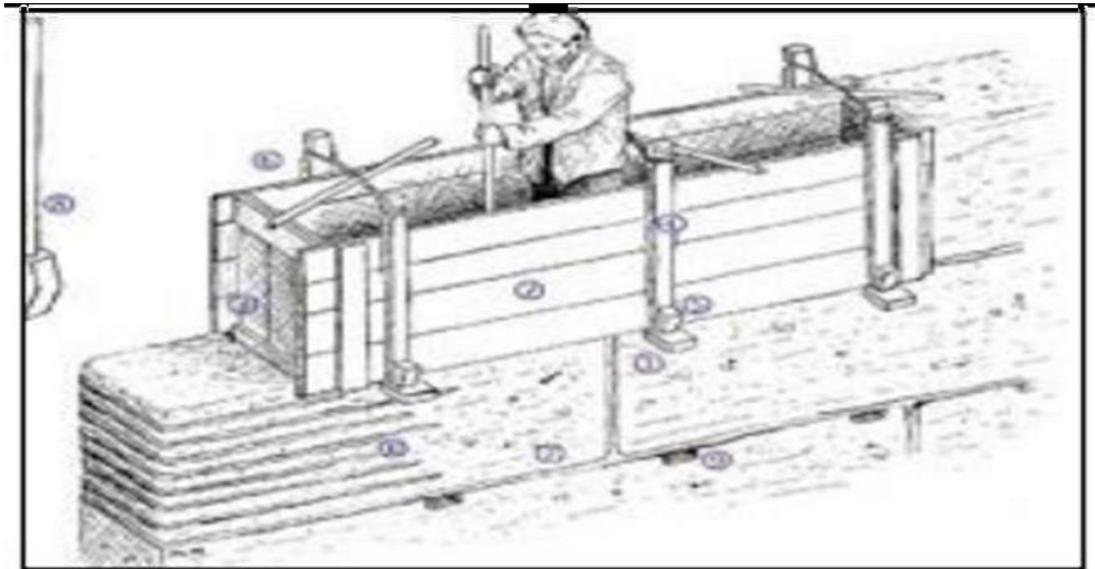
(Figure I.1) montre un exemple de coffrage qui peut être utilisé pour la fabrication de murs en pisé [4].



**Figure I.1. Coffrage utilisé dans la conception de murs en pisé.**

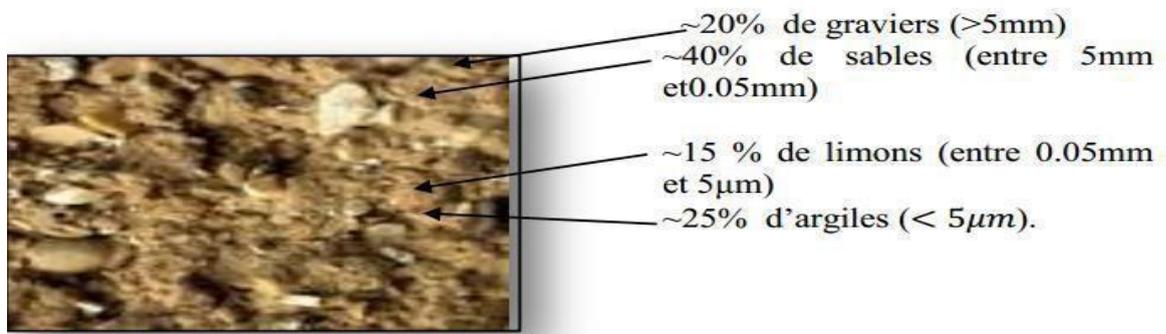
**I.4.2.2) Technique de production :**

Le pisé est une technique particulière pour monter un mur en terre crue : celle-ci est compactée (à l'aide d'un pilon) dans des coffrages (appelés banches) de grande largeur qui se superposent pour constituer la hauteur des murs (figure I.2) [8].



**Figure I.2. Construction un mur en pisé.**

Cette technique permet d'utiliser la terre généralement directement issue du site de la construction, et ne nécessite pas de transformation (pas d'utilisation d'énergie pour Altérer ses propriétés basiques) [8]. Des « lits de chaux » ou « cordons de chaux » font souvent office de liant entre les différentes « banchée » (hauteur de coffrage) En revanche, cette technique n'est pas applicable avec toutes les terres. En effet, la terre à pisé doit avoir une granulométrie variée : graviers, sables, limons et argiles dans des proportions bien définies, même si selon les lieux d'extraction, la matière se comportera différemment (couleur, tenue aux intempéries,) (photo I.3) [8]



**Photo I.3. Composition de pisé.**

#### **I.4.2.3) Différents types de pisé :**

L'aspect général du matériau pisé, une fois compacté et décoffré est celui d'un "béton maigre de terre", variable selon le type de terre (apparence de graviers et cailloux ou texture plus fine), selon le type de coffrage utilisé et les principes constructifs adoptés pour édifier la maçonnerie de terre en "banchées" successives (en progression horizontale ou verticale avec des coffrages traditionnels) [6].

#### **I.4.2.4) Les Avantages de pisé :**

La terre possède de multiples qualités dans le domaine du bâti :

- ✓ Régulateur d'humidité : capacité à laisser transiter la vapeur d'eau
- ✓ Durée de vie : patrimoine de bâtiments centenaires très présents.
- ✓ Déphasant : il ralentit le transfert de chaleur (et permet un confort d'été indéniable).
- ✓ Élément de forte inertie, c'est-à-dire qu'il a une bonne capacité à stocké la chaleur et à la restituer par rayonnement.
- ✓ Isolation phonique et qualité acoustique.
- ✓ Reprise aisée, mais nécessitant un savoir-faire [8].

#### **I.4.3) BTC comprimée :**

##### **I.4.3.1 définition :**

Les blocs de terre comprimée (BTC) sont des éléments de maçonnerie, des dimensions réduites et des caractéristiques régulières et contrôlées, obtenus par compression statique ou dynamique photos (I.4) de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat. Les blocs de terre comprimée ont généralement un format parallélépipédique rectangle et sont pleins ou perforés, à relief verticale ou horizontal. Les blocs de terre comprimée sont constitués

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

principalement de terre crue et doivent leur cohésion à l'état humide et à l'état sec essentiellement à la fraction argileuse composant la terre (gravier, sable, limon et argile) ; un additif tel que de (ciment, chaux, pouzzolane etc..) peut être ajouté néanmoins à la terre pour améliorer ou développer des caractéristiques particulières des produits. Les caractéristiques finales des BTC dépendent de la qualité des matières premières de (terre, additif) et de la qualité de l'exécution des différentes étapes de fabrication (préparation, malaxage, compression, cure) [9].



**Photo I.4 : Bloc de terre crue compressée réalisée à l'aide d'une presse**

**Manuelle.**

### **I.4.3.2. Production des blocs de terre comprimée :**

La production des blocs de terre comprimée peut être assimilée à celle des blocs de terre cuite produits pas compactage, exception faite de la phase de cuisson. L'organisation de la production sera selon qu'elle est réalisée dans le cadre de petites unités de production artisanales (ou briqueteries) ou bien dans le cadre d'unités de production semi-industrielles ou industrielles. Les aires de production, de séchage et des stockages varient également selon les modes de production adoptés et les conditions de production issues de l'environnement climatique, social, technique et économique [5].

### **I.4.3.3 Les Avantage de bloc de terre comprimée :**

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

- BTC est un matériau écologique : composée essentiellement d'argile, sable et gravillons et d'un peu de ciment, fabriquée sans cuisson.
- BTC procure un confort thermique et phonique excellent : de part son inertie thermique et sa masse, un mur en BTC apporte confort thermique et isolation phonique
- BTC offre une grande résistance : la résistance à la compression d'une BTC dépasse les 60 bars (60kg/cm<sup>2</sup>)
- BTC présente un intérêt architectural et esthétique : en cloison, en mur porteur, la BTC permet une richesse de formes, et de motifs variés dans son utilisation.
- BTC est simple à mettre en œuvre : la BTC se monte avec un mortier de terre amendé.

Les règles de construction sont simples à suivre [10].

### 1.4.3.4 Diversités des produits de blocs de terre comprimée :

Aujourd'hui, le marché accueille une large gamme de produits de terre comprimée (Houben, 2006) (voir figure 1.3)

#### - Blocs pleins

Ils sont principalement de forme prismatique (parallélépipèdes, cubes, hexagones multiples, etc.). Leur usage est très varié.

#### - Blocs creux

On observe normalement de 15 % de creux, 30 % avec des procédés sophistiqués. Les évidements créés au sein des blocs améliorent l'adhérence du mortier et allègent les blocs.

Certains blocs évidés permettent la réalisation de chaînages (coffrage perdu).

#### - Blocs alvéolaires

Ils présentent l'avantage d'être légers mais exigent des moules assez sophistiqués ainsi que des pressions de compression plus forte que la normale.

#### - Blocs à emboitements

Ils peuvent éventuellement permettre de se passer de mortier mais exigent des moules assez sophistiqués et en général des pressions de compression plus ou moins élevées.

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

### -Blocs parasismiques

Leur forme améliore leur comportement parasismique ou permet une meilleure intégration de systèmes structuraux parasismiques : chaînage par exemple.

### -Blocs spéciaux

Les blocs sont fabriqués exceptionnellement pour une application spécifique [11]



**Figure I.3: Différents produits de blocs de terre comprimée [11].**

### I -5) les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de terre comprimée) :

Les caractéristiques des briques de terre crue sont représentées dans le tableau suivant :

Caractéristiques	Type de brique de terre crue		
	Adobe	Pisé	BTC
Masse volumique Kg/m <sup>3</sup>	1200 - 1700	1700-2200	1700 - 2200
Résistance à la compression MPa	2 - 5	< 2.4	< 2.4
Conductibilité thermique $\lambda$ (W/m .°c)	<del>0.46</del> - 0.81	0.81 - 0.93	0.81 -1.04
Retrait au séchage mm/cm	1	1 - 2	0.2 - 1

**Tableau (I.1) : les Caractéristiques des briques de terre crue (adobe, pisé, Brique de Terre comprimée) [5]**

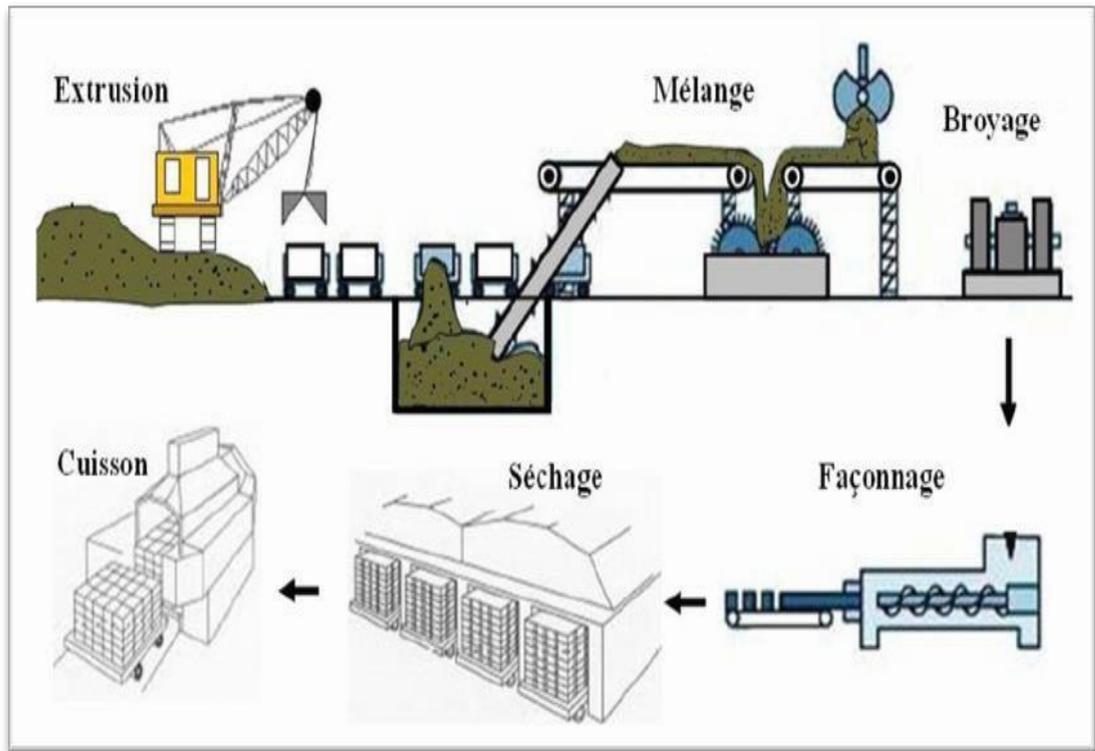
### **I -6) brique en terre cuite :**

Les matériaux de terre cuite ont été utilisés depuis plusieurs siècles, ils se sont adaptés à l'évolution de la construction et à ses impératifs, dans le domaine traditionnel industriel. Ils sont fabriqués à partir d'argile devenant souvent rouge à la cuisson (sauf les argiles calcaires dont la couleur de cuisson varie du rose à jaune et blanc [12]

#### **I.6.1. Processus de production :**

Le processus de production de la terre cuite se compose de différentes étapes :

- Broyage de la terre pour obtenir la granulométrie désirée
- Humidification et mélange des divers types de terres ; ajout d'une faible quantité de lignosulfite, résidu de l'industrie du papier, dérivé de la lignine contenue dans les arbres ; le lignosulfite facilite l'extrusion.
- Extrusion au travers de filières correspondant à une forme donnée de brique
- Coupage
- Séchage dans un séchoir à gaz (durée entre vingt et cinquante heures)
- Cuisson à environ 900 °C, pendant trente heures [14].



**Figure (I.4) : Fabrication des produits de terre cuite [28]**

### **I.6.2) Produite en terre cuite :**

Sont des briques pleines ou perforées en terre cuite selon la Norme (XP P 13-305) sont composants en trois catégories de produits :

#### **I.6.2.1. Briques ordinaires :**

##### **❖ Brique pleine :**

Brique ne comportant aucune perforation et dont le format d'appellation le plus courant est 6x11x22 cm.



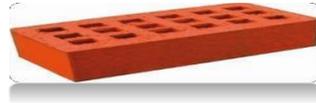
**Figure (I.5): brique pleine [26]**

##### **❖ Brique perforée :**

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

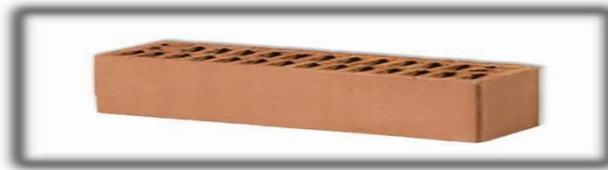
Brique comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose, la somme des sections des perforations étant inférieure ou égale à 50% de la section totale, et de largeur inférieure à 14 cm.



**Figure (1.6): brique perforée[26]**

### **I.6.2.2 Bloc perforé :**

Brique de grand format, permettant de réaliser toute l'épaisseur brute du mur avec un seul élément, comportant des perforations perpendiculaires à la face de pose, dont la largeur est au moins de 14 cm, dont la hauteur est inférieure ou égale à 30 cm et dont la plus grande dimension ne dépasse pas 60 cm. La somme des sections des perforations est inférieure ou égale à 60% de la section totale.



**Figure (I.7) : bloc perforé [26]**

### **I .6.2.3 Brique creuse de terre cuite (Norme NF P 13-301)**

On distingue deux types de briques creuses :

- ❖ Type C : Briques à faces de pose continues, destinées à être montées a joints de mortiers horizontaux continus.



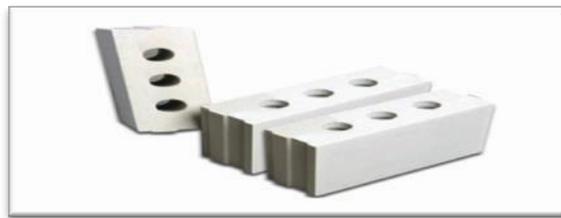
**Figure (I.8) : Brique creuse de terre cuite Type C [26].**

- ❖ Type R.J : Briques dites “ à Rupture de Joint ”, destinées à être montées a joints de mortiers horizontaux discontinus.



**Figure (I.9) : Brique creuse de terre cuite Type RJ [26]**

#### **I.6.2.4. BRIQUES SILICO-CALCAIRE :**



**Figure (I.10) : produit en briques silico-calcaire. [27]**

Les briques silico-calcaires sont essentiellement formés d’un mélange de matériaux siliceux finement broyés et de chaux hydratée  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  appelée chaux grasse (ou ciment portland) soumis généralement à un traitement à l’autoclave .Deux catégories de produits sont fabriqués et utilisés comme matériaux de construction .

Il y a deux catégories de produit ils sont fabriqués et utilisés comme matériaux de construction.

- ❖ Silico-calcaires denses
  - a. Silico- calcaire denses : Le mélange de silice et de chaux ne constitue généralement pas un liant hydraulique à la température ambiante (la combinaison n’a lieu que si la silice est vitreuse et pouzzolanique mais il n’en est pas de même en présence de vapeur d’eau sous pression.  
Les premiers brevets, qui furent pris en 1880 par l’allemand MICHAELIS et en 1886 par l’anglais VAN DERBURGH étaient relatifs à la fabrication de briques silico-calcaires obtenues par un mélange soigneusement dosé de chaux et silice broyé puis moule par pression et traite par vapeur [21,22,23].
- ❖ Silico-calcaire léger

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

Les silico-calcaires légers sont à partir des mêmes matériaux que les silico-calcaires denses, mais avec ajout d'un constituant produisant des vides artificiels fermés, sous forme de bulles gazeuses obtenues par réaction chimique. Ils appartiennent à la classe des matériaux appelée Improprement béton cellulaire ou béton gaz.

Les premiers brevets datent de 1890, mais on considère souvent le Suédois J. A Eriksson comme le père de ces produits ; ses brevets datent de 1923 et il utilisa en 1929 le traitement à l'autoclave. Ces produits furent d'abord commercialisés en Suède en 1924 Danemark en 1928 en URSS en 1930 [21].

### ❖ Les phénomènes physiques de processus d'autoclave

En conditions normales, la chaux mélangée avec le sable durcit très lentement.

Les éléments obtenus après durcissement sont de résistance mécanique (de 1-2 MPa) et sont facilement détrempeés en présence d'eau. Mais en présence d'une vapeur saturée (100% d'humidité) à une température de 170°C et plus la silice du sable devient chimiquement active et commence à réagir rapidement avec la chaux, suivant la réaction (I.1), formant un hydrosilicate de calcium : un produit solide et résistant à l'eau.



Au fur et à mesure que la température s'élève la vitesse de réaction croît (I.1).

Ce processus a lieu dans les autoclaves sous pression de la vapeur saturée (0.8 - 1.2 MPa) L'augmentation de température et pression de vapeur est suivie par la dissolution des composants initiaux. La solubilité des constituants varie avec la température c'est à dire, la dissolubilité de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  diminue avec l'augmentation de la température et celle du  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) augmente [6].

### I.6.2.4.1) La Fabrication :

#### A. Silico-calcaire denses

Le mélange (5-12%) chaux vive ( $\text{CaO}$ ) et sable propre de 0/5 mm et l'eau de l'ordre de (4 à 8 %) de la masse des matières sèches.

Généralement des mélangeurs continus alimentent d'une façon régulière la matière comprimée ou comprimée – vibrée suivant les modèles de presses, sous des pressions variant de 15 à 45 MPa, exceptionnellement 60 MPa, après démoulage les produits sont traités

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

dans des autoclaves durant de 6 à 14 h et la pression varie de 0,8 à 1,2 MPa ( à 170 - 190°C environ ) [23].

### B. Silico-calcaire léger

Ces matériaux sont obtenus par traitement à l'autoclave d'un mélange de sable siliceux (60 à 65%), de chaux et de ciment (35 à 40% pour l'ensemble), une multitude de petites cellules étant créés dans un mélange par dégagement gazeux résultant de l'addition, au moment du gâchage, de poudre d'aluminium.

#### I.6.2.4.2) Propriétés de brique silico-calcaire

Les propriétés de brique silico-calcaire sont indiquées dans le tableau suivant :

Type de brique SC	Brique silico-calcaire dense	Brique silico-calcaire léger
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	600 – 2200	300-800
Résistance à la compression (MPa)	6-60	1,5-7
Conductibilité thermique $\lambda$ (w/m.°c)	1.16 -1.63	0.08
Absorption d'eau	4 à 8 %	-
Isolation acoustique	48 dB	-

**Tableau (I. 2) : propriétés de brique silico-calcaire produits, les blocs pleins, Les blocs creux ; Les blocs spéciaux [29] [30].**

Les briques silico-calcaires en général ont un très bon comportement au gel, leur non gélivité leur permet de bien résister à des températures pouvant atteindre 550°C. ils sont des matériaux de construction non inflammable ainsi que les briques cuites [24].

Les briques silico-calcaires sont en générale de même usage que les briques de terre cuite, mais avec certaine restriction, Il est interdit d'utiliser les briques silico-calcaires pour la pose

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

des fondations et des socles parce qu'elles sont moins résistantes à l'eau que les briques de terre cuite [24].

### I.6.3) les propriétés et caractéristiques de brique de terre cuite :

Les caractéristiques de brique terre cuite sont indiquées dans les tableaux suivants :

<b>Masse volumique (kg /m<sup>3</sup>)</b>	<b>1750 à 2050</b>
<b>Absorption d'eau</b>	<b>&lt; 15%</b>
<b>Isolation acoustique</b>	<b>41 à 58 dB</b>
<b>Résistance à la compression</b>	<b>4 à 8 MPa</b>

**Tableau (I-3) : les propriétés des briques creuses [25]**

<b>E : épaisseur en (cm)</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
<b>R (m<sup>2</sup>. °C/W)</b>	<b>0.10</b>	<b>0.20</b>	<b>0.39</b>	<b>0.55</b>

**Tableau (I-4) : la résistance thermique des briques creuses [25]**

<b>Masse volumique (kg /m<sup>3</sup>)</b>	<b>1650-2000</b>
<b>Absorption d'eau</b>	<b>30 - 80 %</b>
<b>Isolation acoustique</b>	<b>41 - 54 dB</b>
<b>Résistance à la compression</b>	<b>12.5 - 40 MPa</b>

**Tableau (I. 5) : propriétés des briques pleines et perforés [25]**

<b>Pleines</b>		<b>Perforés</b>	
<b>Epaisseur (cm)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>. °C/W)</b>	<b>Epaisseur (cm)</b>	<b>R (m<sup>2</sup>. °C/W)</b>
<b>5.5</b>	<b>0.05</b>	<b>20</b>	<b>0.52</b>

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

<b>10.5</b>	<b>0.09</b>	<b>30</b>	<b>1.00</b>
<b>22</b>	<b>0.20</b>	<b>35</b>	<b>1.21</b>

**Tableau (I. 6) : la Résistance thermique des briques pleines et perforés [25]**

### **I-7) Stabilisation :**

Stabiliser la terre, c'est lui donner des propriétés irréversibles face aux contraintes physiques. de nombreux paramètres très interviennent dépendant autant de la conception des bâtiments que de la qualité du matériau. Que de l'économique du projet ou que de la durabilité pour que la stabilisation soit un succès, le procédé employé doit être compatible avec ces divers impératifs [17].

#### **I.7.1) Définition :**

La stabilisation est l'ensemble des procédés permettant d'améliorer les caractéristiques d'une terre, afin de créer un matériau permettant la fabrication des blocs de terre comprimée.

#### **I.7.2) Objectif :**

En stabilisant, nous intervenons sur la texture et structure de la terre. Cinq opérations possibles sont :

- La réduction de volume de vide entre les particules.
- La fermeture des vides qui ne peuvent être supprimés.
- L'augmentation des liens entre les particules.
- Améliorer les caractéristiques mécaniques de la terre (résistance à la compression, cohésion) en réduisant les vides entre les particules, en améliorant ou en créant des liaisons entre les particules.
- Réduire la sensibilité à l'eau (gonflement, retrait) et la perméabilité en bouchant les vides entre les particules [11].

#### **I.7.3) Procédés :**

**Trois procédés permettent de stabiliser la terre :**

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

**I.7.3.1) Stabilisation mécanique :** La stabilisation mécanique est le terme général utilisé pour la stabilisation du sol par compactage. Ce procédé modifie les propriétés de la terre (la densité, la compressibilité, la perméabilité et la porosité), en intervenant sur la structure [11].

**I.7.3.2) Stabilisation physique :** Les propriétés d'une terre peuvent être modifiées en intervenant sur la texture : mélange contrôlé de fractions de grains différentes (argile et sable) [11].

**I.7.3.3) Stabilisation chimique :** d'autres matériaux ou des produits chimiques peuvent être ajoutés à la terre. Les liants (ciment et chaux éteinte) créent entre les grosses particules du sol des liaisons mécaniquement résistantes même si le matériau se trouve ensuite en présence d'eau [11].

-La stabilisation de la terre est assurée par l'ajout d'autres matériaux ou de produits chimiques qui modifient ses propriétés, soit du fait d'une réaction physicochimique entre les particules de la terre et le produit ajouté soit en créant une matrice qui lie ou enrobe les particules. On peut citer, en particulier du ciment, de la chaux, du bitume, et de sous-produits industriels. Le choix et la quantité de matériau ou de produit chimique à ajouter dépendent de la nature du sol et du degré d'amélioration de la qualité du sol souhaité (Akpodje, 1985).

Le traitement du matériau terre par des produits chimiques se fait pratiquement de deux manières :

- a. Un traitement dans la masse (introduction dans la masse du sol d'une quantité minimale de stabilisant).
- b. Un traitement de surface (enduits, badigeons, hydrofuges), pour protéger la surface par imprégnation sur la partie exposée (Ghoumari, 1989) [11].

### **I.7.4) Moyens de stabilisation :**

**I.7.4.1) Densifier :** il y a deux manières différentes pour densifier :

- soit en manipulant la terre mécaniquement de façon à évacuer un maximum d'air : en pétrissant et en comprimant la terre la texture de la terre ne varie pas mais on change sa structure car on redistribue les grains. La terre n'est pas simplement comprimée dans son état original, elle est préalablement triturée pour la rendre plus homogène, puis comprimé.

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

-soit en comblant un maximum de vides par d'autres grains. Pour opérer de cette deuxième façon, la texture doit être parfaite : le vide lissé entre chaque groupe de grains. Il s'agit d'une intervention directe sur la texture [17].

**I .7.4.2) Armer** : il s'agit d'introduire une armature dans la terre généralement constituée de fibre d'origine végétale (paille), animale (poiles, bourre), minérale ou synthétique (fibre de synthèse). Ce moyen crée un réseau de fibre omnidirectionnel qui améliore la résistance à la traction et au cisaillement et contribue aussi à réduire le retrait [17].

**I .7.4.3) Enchaîner** : une matrice tridimensionnelle inerte et résistante est introduite dans la terre elle induit une consolidation par cimentation (création d'un squelette) qui enrobe les grains et s'oppose aux mouvements du matériau. La stabilisation principale de ce type est le ciment portland ou certaines colles ou résines. Les principales réactions de consolidation ont lieu dans le stabilisant lui-même et entre le stabilisant et la fraction sableuse de la terre. On observe cependant des réactions secondaires entre le stabilisant et la fraction argileuse. L'argile agit sur l'efficacité de la stabilisation et peut modifier le comportement du matériau [17].

**I .7.4.4) Liaisonner** : dans ce cas, la matrice inerte introduite dans la terre inclut les argiles on connaît deux mécanismes qui donnent le même résultat :

-une matrice inerte est formée par les argiles, on utilise les charges négatives et positives des plaquettes argileuses on leur composition chimique pour les lier entre elles par l'intermédiaire d'un stabilisant qui joue le rôle de lien ou le rôle de catalyseur de cette liaison. Certains stabilisants chimiques agissant dans ce sens : quelques acides, polymères, floculant....

-une matrice inerte est formée avec les argiles. Un stabilisant réagit avec l'argile et forme un nouveau matériau insoluble et inerte par précipitation, une sorte de ciment : c'est une réaction pouzzolanique obtenue notamment avec la chaux.

Dépendante de la quantité et de la qualité d'argile [17].

**I .7.4.5) Imperméabiliser** : ce mode de stabilisation contribue à réduire l'érosion à l'eau, le gonflement et le retrait aux cycles répétés de mouillage-séchage. On connaît deux possibilités d'imperméabilisation :

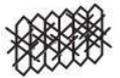
## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

-tous les vides, les pores, les fissures et microfissure sont remplis d'une matière insensible à l'eau. la bitume est l'un des meilleurs produits agissant dans ce sens.

Cette méthode de stabilisation convient particulièrement pour les terres sableuses qui présentent une bonne stabilité de leur volume et qui sont peu effectuées par la présence d'eau. Elle est également utilisable pour les terres silteuses et argileuses réclamant une plus grande quantité de stabilisant du fait de leur surface spécifique plus importante.

-une matière est dispersée dans la terre qui, au moindre contact avec l'eau. va s'expanser et obturer les accès aux pores c'est le cas de la bentonite [17].

**I.7.4.6) Hydrofuger** : dans ce cas, on modifie l'état de l'eau l'interstitiel et l'on réduit la sensibilité des plaquettes d'argile a l'eau, ce moyen qui fait intérieur des produits chimiques (chloride de calcium, acides, amines quaternaires ou résines) ou bien l'échange ionique contribue à éliminer au maximum l'absorbation et l'absorbations d'eau [17].

Stabilisant		Nature	Procédé	Moyens	Principe	Symbole
Sans apport de stabilisant		Mécanique		Densifier	Créer un milieu dense qui bloque les pores et les canaux capillaires	
		Minéraux	Physique	Armer	Créer une armature omnidirectionnelle qui réduit le mouvement	
Fibres	Chimique			Enchaîner	Créer un squelette inerte qui s'oppose à tout mouvement	
		Liaisonner	Former des liaisons chimiques stables entre les cristaux d'argile			
			Imperméabiliser	Entourer les grains de terre d'un film imperméable et boucher les pores et canaux		
		Hydrofuger		Éliminer au maximum l'adsorption et l'absorption d'eau		
Avec apport de stabilisant	Stabilisants inertes	Minéraux	Physique	Enchaîner	Créer un squelette inerte qui s'oppose à tout mouvement	
	Liants	Hydrophobants	Imperméabiliser	Entourer les grains de terre d'un film imperméable et boucher les pores et canaux		
						Stabilisant physico-chimique

**Tableau I.7 : Moyens de stabilisation des terre remaniées (Houben,2006) [11]**

### I.7.5) Les modes de stabilisation :

Les principaux modes de stabilisation qui correspondent aux principaux moyens de stabilisation précédemment évoqués [13] [15] [16].

**I.7.5.1) Compression :**

La stabilisation par compactage ou compression est un mode qui correspond à des procédés traditionnels de réalisation de bâtiments en terre compactée dans des banches ou en blocs de terre comprimée. L'effet direct du compactage est de réduire les vides et donc l'air, de fermer la porosité et donc la perméabilité, d'augmenter la densité et donc la résistance à la compression [13] [15] [16].

**I.7.5. 2) Correction de texture :**

La correction de texture consiste à modifier la texture initiale de la terre, par tamisage (écrêtement) de fractions de grains excédentaires, ou par apport de fractions de grains faisant défaut. L'opération de tamisage est en général pratiquée sur les terres trop riches en éléments grossiers (cailloux et graviers) et l'opération d'apport sur des terres trop riches en fractions de grains fins (argiles notamment) en augmentant les quantités des grains grossiers (apport de gros sables, graviers et cailloux). On aura préalablement pris soin d'établir le tracé de la courbe granulométrique de la terre initiale et l'on prendra un soin égal à bien vérifier les résultats obtenus en traçant la nouvelle courbe granulométrique après avoir modifié la texture initiale de la terre [13] [15] [16].

**I.7.5.3) Ajout de fibres :**

La stabilisation par ajout de fibres est couramment employée dans les techniques de construction en terre traditionnelles. Elle consiste notamment à ajouter de la paille dans les terres qui sont travaillées par pétrissage puis appliquées sur des clayonnages en bois ou moulées sous forme de blocs de terre séchée au soleil.

L'ajout de fibres joue plusieurs rôles : réduction, voire élimination de la fissuration de retrait, accélération du séchage par drainage de l'humidité vers l'extérieur du matériau, allègement du matériau, augmentation de la résistance à la traction, ce qui est sans doute le meilleur avantage.

Les fibres employées, hormis la paille qui est la plus courante sont aussi d'autres fibres végétales telles que balle des céréales, fibres de chanvre, de noix de coco, de sisal, débris du teillage du lin ou du chanvre, charges végétales légères telles que sciures de bois et copeaux. On utilise aussi dans certaines traditions des fibres d'origine animale telles que poils, crins ou

bourre d'animaux et plus récemment des fibres de synthèse telles que cellophane, fibres d'acier ou de verre [13] [15] [16].

#### **I.7.5.4) Ajoute de ciment :**

##### **I.7.5.4.1) Généralités :**

Le ciment est sans doute l'un des meilleurs stabilisants pour le bloc de terre comprimée. L'ajout de ciment, avant la compression, permet d'améliorer les caractéristiques du matériau, en particulier sa résistance à l'eau, par l'irréversibilité des liens qu'il crée entre les particules les plus grosses. Le ciment va agir principalement sur les sables et les graviers comme dans le béton ou dans un mortier sable-ciment. De ce fait, il est inutile, voire néfaste, d'utiliser des terres trop argileuses (> 30 %) (Hauban, 1996) [11].

##### **a) Mécanisme de stabilisation :**

Dans la terre, le ciment hydraté réagit de deux façons (H. Hauban et H. Guillaud, 1995) la réaction avec lui-même : formation d'un mortier de ciment pur hydraté et la réaction avec le squelette sableux.

##### **Réaction avec l'argile selon trois phases :**

- ✓ L'hydratation provoque la formation de gels de ciment à la surface des agglomérats d'argile. La chaux libérée pendant l'hydratation du ciment réagit aussitôt avec l'argile.

La chaux est vite consommée et l'argile entame une dégradation.

- ✓ Progression de l'hydratation qui active la désagrégation des agglomérats d'argile ; ceux-ci sont pénétrés en profondeur par les gels de ciment.
- ✓ Interpénétration intime des gels de ciment et des agglomérats argileux. L'hydratation persiste mais plus lente.

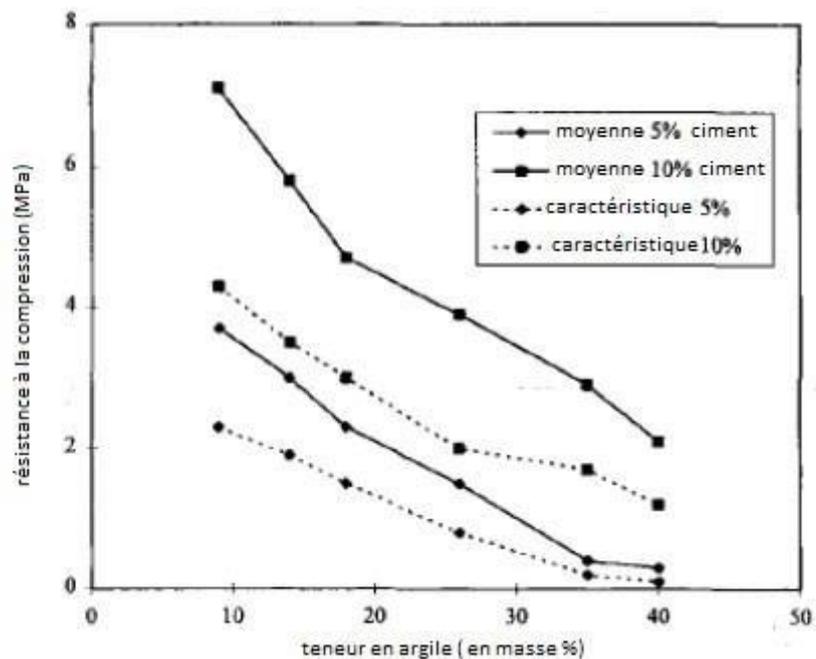
Dans certains cas, les particules d'argile pourront ralentir la prise du ciment en formant autour des grains une enveloppe protectrice. La composition chimique et minéralogique des argiles ainsi que leur quantité jouent donc un rôle fondamental dans les phénomènes d'interaction qui auront lieu et qui se poursuivront dans le temps entre elles et le ciment (Vénuat, 1980).

Il en résulte en fait trois structures mêlées (Houben, 2006) :

- une matrice inerte sableuse liée au ciment,
- une matrice d'argile stabilisée,
- une matrice de terre non stabilisée.

**b) efficacité et Dosage :**

La meilleure efficacité est obtenue par une compression à l'état humide. Les meilleures résistances à la compression sont atteintes avec des graves et des sables plutôt qu'avec de limons et des argiles (Houben,2006). Ceci confirme les résultats obtenus par Walker (Walker,1997). Ces résultats montrent que la résistance à la compression du bloc de terre comprimée stabilisée au ciment diminue avec l'augmentation de teneur en minéraux argileux (figure I.11) [11].



**Figure I .11 : Influence de la teneur en ciment sur la résistance à la compression du bloc de terre comprimée stabilisée au ciment (Walker,1997).**

En général, il faut au moins 5 à 6 % de ciment pour obtenir des résultats satisfaisants. La résistance en compression reste très dépendante du dosage, 8 % de ciment constituent souvent une limite supérieure économiquement acceptable (Doat,1979).

D'après Gooding (Gooding, 1993), le bloc de terre stabilisée avec 3 à 12% en masse de ciment, semble être le bloc le plus courant.

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

### I.7.5.5) Ajout de chaux :

La stabilisation des terres à la chaux a été développée grâce aux travaux routiers dès le début du XX<sup>e</sup> siècle et suscite un intérêt croissant dans le domaine du bâtiment.

#### a) Mécanismes

- L'absorption d'eau : dans une terre humide, la chaux vive subit une réaction d'hydratation qui s'accompagne d'un important dégagement de chaleur
- La carbonatation qui résulte d'une réaction de la chaux avec le dioxyde de carbone de l'air contenu dans la terre et qui forme des ciments carbonates ;
- La réaction pouzzolanique que l'on considère être mécanisme le plus important. Il contribue à une dissolution des minéraux argileux en milieu alcalin suivi d'une création de silicates et de l'aluminium et de calcium (recombinaison de la silice et de l'alumine des minéraux argileux) qui cimente les grains entre eux [13] [15] [16].

#### B) Efficacité et dosage

La réaction exothermique d'hydratation de la chaux contribue à assécher la terre.

Pour 2 à 3% de chaux ajoutée, on observe une diminution de la plasticité, On pratique en général des dosages en chaux de l'ordre de 6 à 12 % [13] [15] [16].

### I.7.6) Calcul du dosage du stabilisation :

#### I.7.6.1) Principes :

Les calculs de dosage de stabilisation se font toujours avec des poids de matériaux secs. Le taux de stabilisation correspondant au pourcentage du poids de stabilisant par rapport au poids de la terre (éventuellement ajoutée de sable ou de gravier) [17].

Sur le chantier, il est souvent difficile de mesurer le poids de matériaux, aussi doit-on les convertir en volume.

Pour cela, il est indispensable de connaître la masse volumique foisonnée sèche ( $\rho$ ) intervenant dans le mélange (formule 1). Lorsque celle-ci ( $\rho$ ) est connue, il est très facile de faire la conversion en volumes foisonnés secs (formule 2).

- Formule 1. Masse volumique  $\rho(\text{kg}/\text{m}^3) = \text{Poids}(\text{kg})/\text{Volume}(\text{m}^3)$

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

- Formule 2.  $\text{Volume(m}^3) = \text{Poids(kg)} / \rho(\text{kg/m}^3)$

### I.876.2) Calcule de la masse volumique foisonnée sèche :

Il faut sécher l'échantillon de matériau (terre, sable, ciment, etc.) et mesurer le poids d'un litre de cet échantillon l'on ne dispose pas d'une balance précisée ( $\pm 10$  g) on mesurera une quantité plus importante (5, 10...litre), afin réduire l'imprécision de la mesure. Les valeurs en gramme/litre (g/l) sont équivalentes à celles en ( $\text{kg/m}^3$ ) (formule 1) [17]

### I.7.6.3) dosage terre, sable ou gravier :

Il faut disposer de volume doseurs connus (brouettes, seaux, etc.) pour faire des calculs précis les volumes de dosage seront des multiples des volumes doseurs.

### I.7.6.4) Les Méthode de calcul :

#### I.7.6.4.1) Méthode de calcul pour un mélange terre/ciment :

**Méthode 1** : on cherche le poids de ciment après avoir déterminé le volume de terre et le taux de stabilisation (pourcentage de ciment) (formule 3) [17]

$$P_C = \frac{\rho_T \times V_T \times C}{100}$$

**Méthode 2** : on cherche le volume de terre après avoir déterminé le poids et le pourcentage de ciment ( formule 4).[17]

$$V_T = \frac{P_C \times 100}{\rho_T \times C}$$

Il faut ensuite arrondir les résultats pour que les volumes puissent être mesurables à partir des volumes disponibles sur le chantier (brouettes, seaux, etc.), puis recalculer le taux de stabilisation en fonction de ces valeurs (formule 5) [17]

$$C = \frac{P_C \times 100}{V_T \times \rho_T}$$

#### I.7.6.4.2) Méthode de calcul pour un mélange terre, sable (ou gravier) et ciment :

**Méthode 1** : On cherche le poids de ciment après avoir déterminé les volumes de terre et de sable (ou gravier) et le taux de stabilisation (formule 6) [17].

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

$$P_C = \frac{[(\rho_T \times V_T) + (\rho_S \times V_S)] \times C}{100}$$

**Méthode 2 :** On cherche le volume de terre et le volume de sable (ou gravier) après avoir déterminé le poids et le pourcentage de ciment et les pourcentages de terre et de sable (formule 7 et 8) [17]

$$V_T = \frac{P_C \times T}{\rho_T \times C} \qquad V_S = \frac{P_C \times S}{\rho_S \times C}$$

Il faut arrondir les volumes de terre et de sable (ou gravier) à partir des volumes doseurs du chantier puis recalculer le taux de stabilisation (formule 9)

$$C = \frac{P_C \times 100}{(\rho_T \times V_T) + (\rho_S \times V_S)}$$

On peut ensuite calculer précisément les pourcentages de terre et de sable (ou gravier).

$$T = \frac{\rho_T \times V_T}{(\rho_T \times V_T) + (\rho_S \times V_S)} \qquad S = \frac{\rho_S \times V_S}{(\rho_T \times V_T) + (\rho_S \times V_S)}$$

### Conventions de notation :

- P<sub>c</sub>** : masse volumique apparente du ciment sec (Kg/m<sup>3</sup>)
- P<sub>T</sub>** : masse volumique apparente de la terre sèche (Kg/m<sup>3</sup>)
- P<sub>s</sub>** : masse volumique apparente de sable sec (Kg/m<sup>3</sup>)
- P<sub>c</sub>** : poids de ciment (Kg)
- P<sub>T</sub>** : poids de terre (Kg)
- P<sub>s</sub>** : poids de sable (Kg)
- V<sub>s</sub>** : volume de sable sec (Kg)
- V<sub>T</sub>** : volume de terre sèche (m<sup>3</sup>)
- C** : pourcentage de ciment = taux de stabilisation (%)
- T** : pourcentage de terre (%)
- S** : pourcentage de sable (%)

### I -8) Généralités sur les ciments :

#### I.8.1) Définition :

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

Le ciment, matériau à la fois ancien et très largement utilisé, à l'image d'un produit banal et simple. Pourtant, derrière cette apparente banalité, se trouve un matériau très complexe, imparfaitement connu aussi bien du point de vue des réactions physico-chimiques hautes températures qui se produisent lors de la fusion des matières premières au niveau du four, que lors des réactions d'hydratation pendant la prise ou plus tard lorsque le matériau acquiert des propriétés de résistances mécaniques énormes (de 30 à 50 MPa 28 jours après l'hydratation). [20]

### **I.8.2) Fabrication :**

#### **I.8.2.1) Principe de fabrication des ciments :**

La fabrication du ciment comporte les étapes suivantes [18] [19]

- 1 - Extraction
- 2 - Concassage
- 3 - Préparation du cru
- 4 - Pré -homogénéisation
- 5 - Broyage du mélange
- 6 - Homogénéisation
- 7 - Cuisson
- 8 - Refroidissement du clinker
- 9- Broyage du ciment

- La fabrication du ciment Portland se fait à partir de la pierre calcaire et de l'argile ou du schiste. Ces matériaux sont extraits des carrières, concassés et stockés, puis l'analyse chimique est faite pour déterminer le dosage des matières premières. Après avoir été dosées, les matières premières sont broyées et mélangées. La poudre ainsi obtenue est introduite dans l'extrémité supérieure d'un four rotatif légèrement incliné.

- Un brûleur est placé à l'extrémité inférieure du four pour que la température soit comprise entre 1450 et 1650 °C. Une telle température provoque la fusion partielle des matériaux et transforme chimiquement les matières premières en clinker de ciment. Le clinker

## Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

se retrouve sous forme de billes ayant un diamètre de 3 à 25 mm Par la suite, le clinker est refroidi et broyé, puis on ajoute une faible quantité de gypse (environ 3 % de la masse de ciment) pour contrôler la prise du ciment. Le produit ainsi obtenu constitue le ciment Portland. [20]

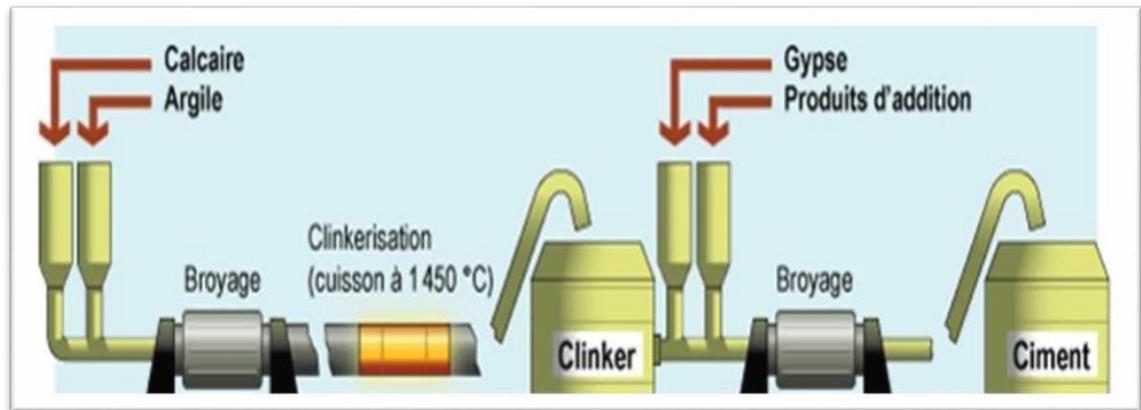


Figure (I.12) : les étapes de fabrication de ciment [20]

### I.8.3) Différents types de ciment :

- 1- Ciment Portland Artificiel (CPA).
- 2- Ciment Portland Composé (CPJ).
- 3- Ciments au laitier.
- 4- Ciment Pouzzolanique.
- 5- Ciments à maçonner (CM).
- 6- Ciment Blanc.
- 7- Ciment Alumineux Fondu.

### I.8.4) classe des ciments :

- Les ciments courants sont divisé en 5 types selon leur composition :
- CEM I: Ciment Portland
- CEM II: Ciment Portland composé
- CEM III : Ciment de haut Fourneau
- CEM IV : Ciment pouzzolanique
- CEM V : Ciment composé.

### I.9) L'argile :

# Chapitre I : Généralités sur les techniques de production des briques et leurs propriétés physico-mécaniques.

---

## **I.9.1) Définition :**

Les argiles sont des minéraux issus de la décomposition de roches. Il s'agit de matériaux hétérogènes à différentes échelles. A l'échelle macroscopique, elles sont souvent associées à d'autres minéraux (quartz, feldspath...). A l'échelle microscopique, elles présentent une structure en feuillet. Il est important de prendre en compte la nature physicochimique des argiles, du fait que leur comportement rhéologique est gouverné par les interactions entre les feuillets argileux. Dans cette partie, et pour définir cette nature physicochimique, on présente la caractérisation minéralogique des différents niveaux d'organisation qui constituent les argiles. [11]

## **I.10) Conclusion :**

Cette étude bibliographique, nous a permis d'étudier tous types de briques existants dans le domaine de construction à savoir : les briques cuites, les briques crues, ainsi que leurs développements dans l'histoire de la construction.

Sur la base :

- Les différentes procédures des fabrications : four (brique de terre cuite), four autoclave (Brique silico-calcaires). Les principales caractéristiques mécaniques et physiques de chaque type de ces briques.

A partir de cette étude nous avons constaté qu'aucune brique ne présenter choix parfait du point de vue :

Résistance mécanique ;

Isolation thermique ;

Isolation acoustique ;

Durabilité ; et même vis-à-vis du prix de revient (aspect économique)

Dans notre travail on a choisi l'ajout de ciment colle et ciment blanc comme une mode de stabilisation pour confectionner une brique. En ce qui suit, on va essayer de présenter l'influence de ces ajouts sur les caractéristiques mécaniques et physiques de brique.

## II -1) introduction :

Les blocs de terre et les produits céramiques, dont les matières premières sont des argiles, avec ou sans additifs. La forme des blocs est généralement parallélépipède rectangle. Par rapport aux autres matériaux, c'est un des plus anciens matériaux de construction. Le bloc en terre est un mélange composé de sable de dune, d'argile et d'eau de gâchage, sans doute, liée aux caractéristiques de ses constituants.

Dans ce chapitre nous allons étudier les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition des BTS, en suite nous allons donner le principe des méthodes utilisé dans la détermination des caractéristiques étudiés.

## II -2) Matériaux utilisés :

Les matériaux utilisés dans cette recherche sont : l'argile, le ciment colle et blanc, le sable de dune, l'eau

### II.2.1) L'argile :

L'argile est une roche sédimentaire, composée pour une large part de minéraux spécifiques, silicates en général d'aluminium plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse qui explique leurs qualités d'absorption. Pour notre étude on a utilisé l'argile de Touggourt le gisement de Beldet Amer.



**Photo II.01 : L'argile**

Nous avons effectué les essais suivants sur l'argile :

- Analyse granulométrique sédimentation.

- Limite d'Atterberg.

- Analyse chimique.

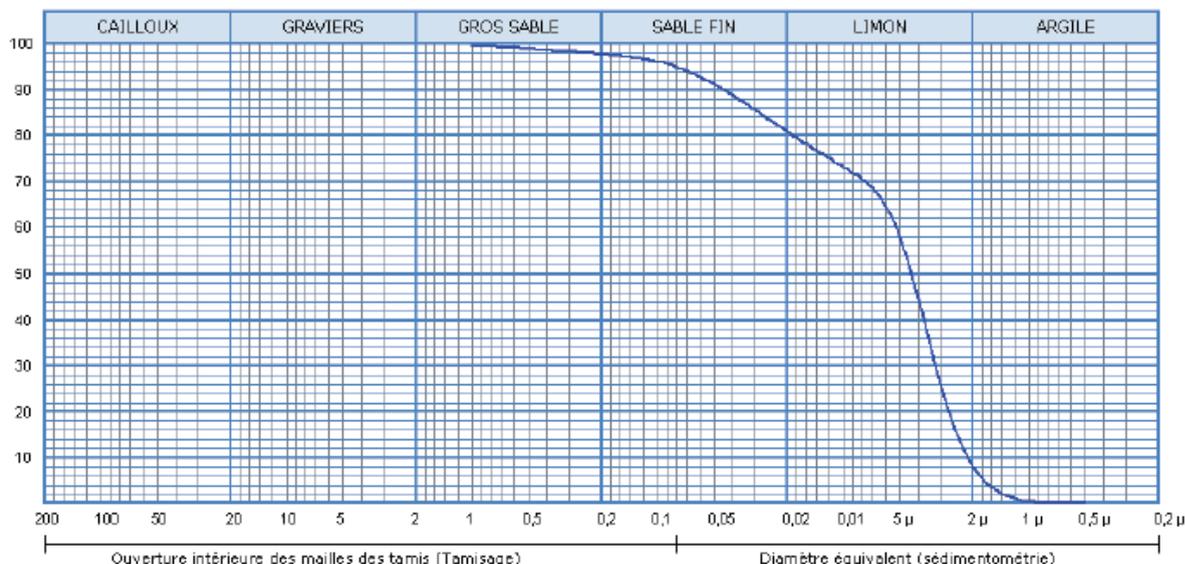
• Ces essais sont réalisés au laboratoire de travaux publics de sud L.T.P.S Ouargla.

**II.2.1.1) Analyse granulométrique par sédimentation (norme NFP94-056/  
NF P 94-057) :**

L'analyse granulométrique par sédimentation est un essai qui complète l'analyse granulométrique par tamisage, l'essai a pour objet la détermination de la distribution pondérale de la taille des particules fines d'un sol. Le principe de la sédimentométrie est basé sur la loi de Stokes qui mesure la vitesse ( $v$ ) de décantation des particules sphériques dans un milieu visqueux sous l'influence de la force de gravitation et de la résistance du milieu. Les résultats de l'analyse granulométrique par sédimentation sont représentés sur le tableau suivant :

Analyse par	Diamètre de tamis (mm)	Tamisât %
tamisage	1	100
	0,4	99
	0,2	98
	0,1	98
	0,08	95
	0,075	95
	0,055	93
	0,038	89
	0,025	83
	0,017	79
sédimentation	0,012	75
	0,008	70
	0,006	70
	0,004	62
	0,003	12
	0,002	0
	0,001	0
	0,0005	0

**Tableau II.01 analyses granulométrie d'argile**



**Figure. II.01 : Courbe granulométrique d'argile**

Les résultats de l'analyse granulométrique par sédimentation montrent que notre sol est

Constitué environ de :

10 % d'argile

70 % de limon

20 % de sable fin.

### II.2.1.2) Limite d'Atterberg (Norme NF P 94-051)

L'essai destiné à la détermination des deux limites (limite de liquidité et limite de plasticité), les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à identifier un sol et caractériser son état au moyen de son indice. Les limites d'Atterberg (limite de liquidité et limite de plasticité) : est la teneur en eau pondérales correspondant à des états particuliers d'un sol. WL : limite de liquidité : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états liquide et plastique. WP : limite de plasticité : teneur en eau d'un sol remanié au point de transition entre les états plastique et solide. IP : indice de plasticité : différence entre les limites de liquidité et de plasticité. Cet indice définit l'étendue du domaine plastique (voir Figure II.02).

$$IP = WL - WP$$

Les teneurs en eau étant exprimées en pourcentage, l'indice de plasticité est un nombre sans dimension.

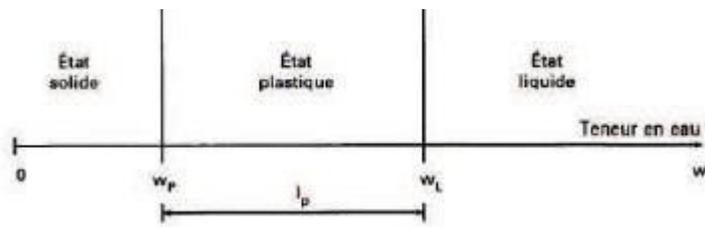


Figure. II.02: Présentation des limites d'Atterberg

Les résultats obtenus sont :

WL = 68,75%

WP = 26,54% type de sable : argiles très plastiques

IP = 42.21%

Ces essais sont réalisés au laboratoire de travaux publics de sud L.T.P.S OUARGLA

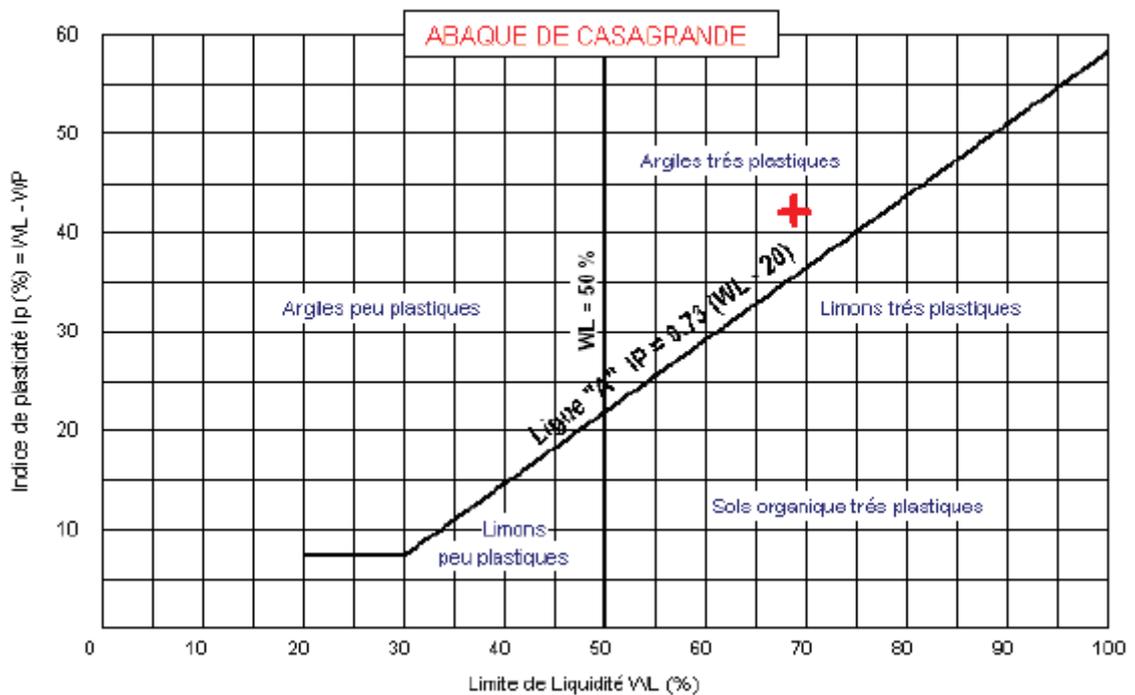


Figure. II.03: Abaques de CAZAGRANDE de l'argile

### II.2.1.3) Classification des argiles selon les limites d'ATTERBERG :

Les argiles sont classées suivant leur plasticité ; Burmister (1967) propose une classification détaillée de la plasticité des argiles en fonction de l'indice de plasticité

Ip (%)	0	1 à 5	5 à 10	10 à 20	20 à 40	>40
Plasticité	Non plastique	Légère	Faible	Moyenne	Élevé	Très élevée

**Tableau II.02 : Classification des argiles selon Burmister,1967 [31]**

Atterberg (1973) classifie la plasticité des argiles en trois niveaux comme montrés dans le tableau.

IP (%)	< 7	7 à 17	> 17
Plasticité	Faible	Moyenne	Elevée

**Tableau II.03 : Classification des argiles selon (Atterberg,1937) [32]**

Tableau II.03 classifications des argiles selon Atterberg Dans notre argile, on peut classifie selon Atterberg et Burmister (**IP = 42.21**) en argile très plastique.

#### II.2.1.4) Analyse chimique :

Les argiles, les autres matières premières et les mélanges de production sont soumis à de nombreuses analyses chimiques. Il est souvent utile d'analyser séparément le mélange complet de production (avec le dégraissant) et la fraction argileuse, inférieure à 2 µm. Insolubles NF P 15 – 461, Sulfates BS 1377, Carbonates NF P 15 –461et méthode Chlorures de MOHR

Les principaux résultats des analyses chimiques réalisées sont regroupés dans le tableau suivant :

	Composants	Pourcentages (%)
Insolubles NF P 15 - 461	Insolubles	63,91
	SO <sub>3</sub>	0,72
Sulfates BS 1377	Ca SO <sub>4</sub> / 2H <sub>2</sub> O	3,88
Carbonates NF P 15 - 461	CaCO <sub>3</sub>	18
Chlorures méthode de MOHR	Cl-	0,363
	NaCl	0,595

**Tableau II.04 : Analyses chimiques d'argile**

Le tableau montre que les éléments dans le sol sont les insolubles en pourcentage environ de 64 %, les teneurs en sulfates et en chlorures sont très faibles.

### II.2.2) Le ciment :

On a deux types de ciment utilisé ciment colle et ciment blanc

Le ciment utilisé est un ciment CPJ-CEMII/B 42.5 N NA442-MATINE disponible sur le marché fabriqué par la cimenterie Lafarge de wilaya de Biskra

#### II.2.2.1) Les caractéristiques de ciment :

Les caractéristiques de ciment sont présentées dans le **Tableau II.05** suivant :

- Ciment colle :

<b>Désignation</b>	CPJ-CEMII/B 42.5 N NA442-MATINE	
<b>Provenance</b>	Cimenterie Lafarge de Biskra	
<b>Caractéristiques de la poudre</b>	Couleur	Blanche
	Masse volumique apparente	1.4g/cm <sup>3</sup>
<b>Caractéristiques de la gâchée</b>	Taux de gâchage	23-25%
	Masse volumique	1.5-1.6g/cm <sup>3</sup>
	PH	10-11 solution 10%
	Durée de l'utilisation de la gâchage	120-180minutes a 20c°
	Délai d'ajustabilité	20 minutes
<b>Caractéristiques du produit durci</b>	Délai avant jointement	1-2jours avec une épaisseur 4mm
	Résistance a la temperature	30°/70°

Chapitre II : Caractéristiques des matériaux et les méthodes  
Des essais mécaniques des briques

	Classification	C15
--	----------------	-----

- Ciment blanc :

<b>Désignation</b>	CPJ-CEMII/B 42.5 N NA442-MATINE	
<b>Provenance</b>	Cimenterie Lafarge de Biskra	
<b>Analyses chimique</b>	Perte au feu (NA5042) %	6±2
	Teneur en sulfates (SO3) %	2.5±0.5
	Teneur en oxyde de magnésium Mg %	1.7±0.5
	Teneur en chlorures (NA5042) %	0.02-0.09
<b>Composition minéralogique du clinker (bogue)</b>	C3S %	55±3
	C3A %	9±1
<b>Propriétés physique</b>	Consistance normale %	28±3
	Finesse suivante la méthode de Blaine (cm <sup>2</sup> /g) (NA231)	4400-5400
	Retrait a 28 jours	< 1000 µm/m
	Expansion (mm)	< 3
<b>Temps de prise à 20° (NA230)</b>	Début de prise (min)	40±160
	Fin de prise (min)	40±250
<b>Résistance a la compression</b>	2 jours (MPa)	≥ 20
	28 jours (MPa)	≥ 52.5

**II.2.3) Le sable des dunes :**

Le sable des dunes est le résultant d'une érosion et d'une sédimentation des

Différentes roches suivies d'un transport fluvial et parfois éolien. La plus grande partie des formations sableuses est constituée de quartz. Il est caractérisé par une granulométrie fine et très serrée. Pour notre étude le sable des dunes utilisées est d'Ain EL Beida (OUARGLA).

Voir Photo II.02



**Photo II.02 : sables de dunes**

Nous avons fait les essais suivants :

- La masse volumique
- Analyse minéralogique du sable de dunes
- Analyse chimique
- Analyse granulométrique
- Module de finesse (norme NF P18 304)
- Equivalent de sable (norme NF P 18 598)

Tous Ces essais sont réalisés au laboratoire de travaux publics de sud L.T.P.S Ouargla.

### **II.2.3.1. La masse volumique :**

Les résultats des essais de la masse volumique apparente  $\rho_a$  et la masse volumique absolue du  $\rho_s$  sable est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le sable sans tenir compte des vides pouvant exister entre les grains, elle est donnée par la formule suivante :

$$\rho_a = 1481.50 \text{ Kg/m}^3$$

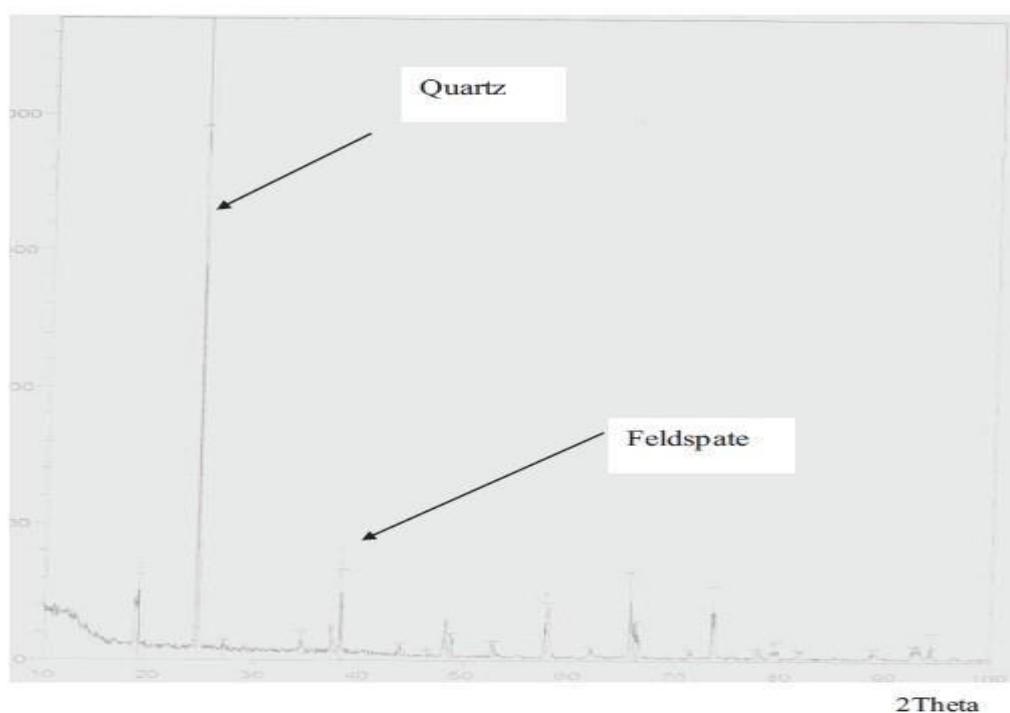
$$\rho_s = 2553.28 \text{ Kg/m}^3$$

### II.2.3.2 Analyse minéralogique du sable de dunes :

Suite aux mesures menées à partir de diffractogramme Figure (II.04), qui a été effectué au niveau du laboratoire de physique à l'université de OUARGLA, on peut constater ce qui suit :

- Le quartz forme une grande part des minéraux avec un pourcentage de 80 %.
- Le gypse se trouve sous forme de grains fins de couleur blanchâtre avec un Pourcentage de l'ordre de 3 %.
- Le feldspath et la calcite sont trouvés avec des pourcentages faibles au tour de 10 %

La Figure (II.04) présente le diffractogramme pour les analyses minéralogiques du sable des dunes.



**Figure (II.04) : Diffractogramme de sable de dunes**

### II.2.3.3 Analyse chimique :

Le tableau (II.06) montre les pourcentages des composants chimiques du sable de dunes. Cette analyse est réalisée au laboratoire LTP Sud de Ouargla.

Par contrôle de la surface chimiquement active (« essai au bleu de Méthylène »).

composants	Pourcentages (%)
Fe 2O <sub>3</sub> - AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,25
Ca SO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O	2,78
SO <sub>4</sub>	0.51
Ca CO <sub>3</sub>	1.30
Insoluble	93.23
Na cl	trace
Perte au Feu	1,16

**Tableau (II.06) : Compositions chimique de sable**

Nous remarquons que le pourcentage du (Ca SO<sub>4</sub>), (SO<sub>4</sub>) est inférieur à la limite Préconisée. De ce fait le sable utilisé est non agressif.

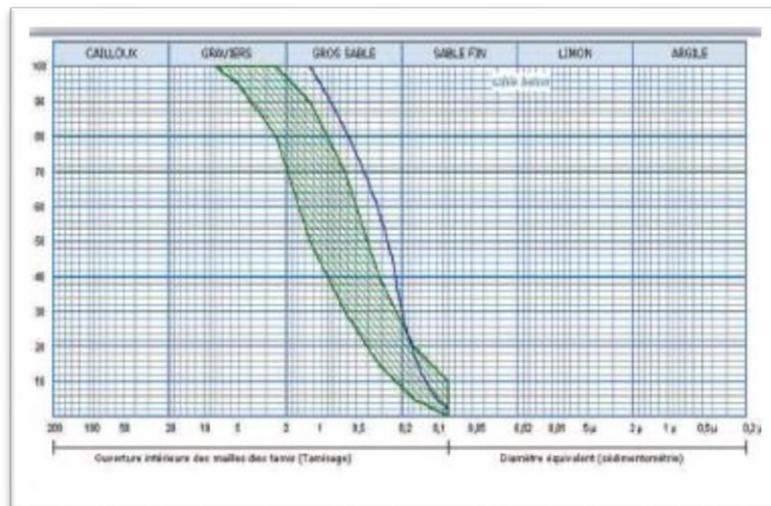
#### **II.2.3.4 Analyse granulométrique :**

Cet essai est réalisé suivant la norme NF P18 560

L'échantillon représentatif doit avoir une masse comprise entre 200D et 600D, où Dest la plus grande dimension des granulats les résultats obtenus sont présentes sur le tableau (II.07).

Ouverture de tamis	Refus cumulé en %	Tamisât en %
5	0	100
2,5	0	100
1,25	0	100
0,63	0,08	99,92
0,315	32,42	67,58
0,16	90,45	9,55
0,08	97,9	2,10

**Tableau (II.07) Analyse granulométrique de sable des dunes**



**Figure.II.05 : courbe granulométrique de sable des dunes**

La Figure (II.05) montre que la courbe granulométrique est partiellement située à l'extérieur du fuseau de référence recommandé par la norme pour la confection des bétons et des mortiers. Cela est dit vraisemblablement à la nature de sable de dunes qui est très fin.

#### **II.2.3.5 Module de finesse (norme NF P18 304) :**

Le module de finesse d'un sable est égal au 1/100e de la somme des refus cumulés des tamis de 0,16 à 5 mm

Pour le sable utilisé dans notre étude on a trouvé la valeur suivante :MF= 1,23

Suivant la norme la valeur de module de finesse de sable utilisé dans la confection du béton doit être comprise entre l'intervalle : 1,7 – 2,8 ; dans notre cas nous remarquons que MF du sable utilisé est inférieur à celui recommandé par la norme.

#### **II.2.3.6 Equivalent de sable (norme NF P 18 598) :**

La détermination de l'ES s'effectue sur la fraction de sable passants au tamis à mailles carrés de 5mm et rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments fins (argiles, impuretés...).

L'équivalent de sable est le rapport multiplié par 100 de la hauteur sédimentée à la hauteur totale du floculat et la partie sédimentée.

Ces hauteurs sont mesurées dans une éprouvette où la prise d'essai a été traitée, dans des conditions définies, par une solution l'avant capable de faire flocculer les éléments fins l'équivalent de sable s'exprime par :

**ESP** : Equivalent de sable mesuré au piston (le sable est peu compacté dans l'éprouvette).

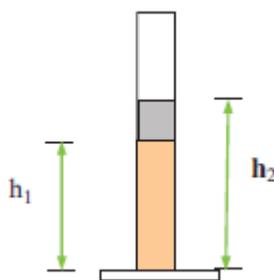
**ESV** : Equivalent de sable mesuré a vue (les hauteurs mesurées directement par la règle).

Cet essai, utilisé de manière courant pour évaluer la propreté des sables. L'essai consiste à séparer les particules fines contenues dans le sol des éléments sableux plus grossier. Une procédure normalisée permet de déterminer un coefficient d'équivalent de sable qui quantifie celui-ci l'essai est effectué sur fraction 0/5 mm du matériau à étudier. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout au bout de 20 minutes on mesure les éléments suivants :

- hauteur  $h_1$  : sable propre +éléments fines (floculant).

- hauteur  $h_2$  : sable propre seulement.

On déduit l'équivalent de sable qui, par la convention, est **Figure (II.06)**



**Figure (II. 06) : Essais équivalent de sable**

$$ES = \frac{h_1}{h_2} \times 100$$

- **Les résultats obtenus sont les suivants :**

Equivalent de sable visuel **ESV = 97.4%**

Equivalent de sable au piston **ESP = 93.8%**

Donc ce sable est très propre et acceptable pour la composition de béton et de mortier

Selon la norme NF P 18 598.

#### II.2.4) L'eau :

L'eau utilisée est celle du robinet du laboratoire de génie civil de l'université de Ouargla. L'eau permet à la fluidification de la pâte ; l'analyse chimique de l'eau a été effectuée au niveau de laboratoire de traitement des eaux de l'université de Ouargla.

Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH
242	125	31	536	755	14,5	755	124	7,75

**Tableau II.08 : composition chimique de l'eau**

Les concentrations sont données en mg/l.

#### II -3) Méthode de mesure la vitesse :

##### II.3.1) Essai ultrasonique :

##### II.3.1.1) Objectifs d'essai :

Mesure de la vitesse des impulsions ultrasoniques de vibrations longitudinaux passant à travers le brique peut être utilisé pour les applications suivantes :

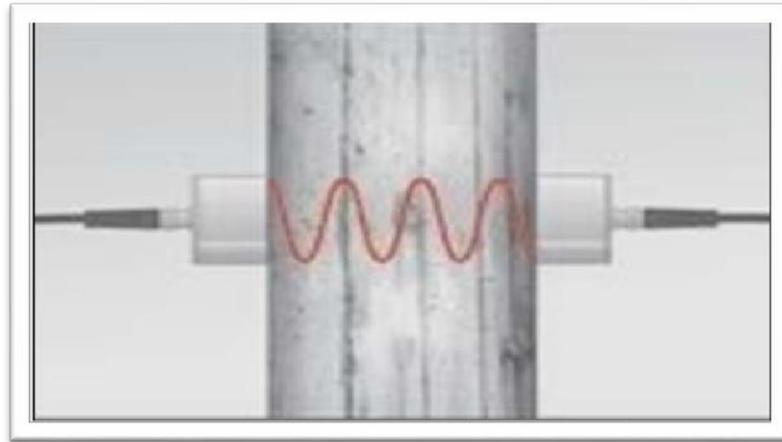
- La détermination de l'uniformité du brique à l'intérieur et entre les membres
- La mesure des changements qui surviennent avec le temps dans les propriétés du brique.
- Corrélation de la vitesse d'impulsion et la force comme une mesure de la qualité de la brique.

##### II.3.1.2) Principes de l'essai :

Mesure du temps de propagation de la première impulsion d'un d'ondes appelées ondes longitudinales généré par un transducteur entre deux points déterminés de la brique

(Figure II.07).

On peut à partir du temps propagation mesuré, exprimer une vitesse conventionnelle de propagation : c'est le quotient de la distance entre transducteur par le temps mesuré.



**Figure II.07: Mécanisme de l'appareil d'ultrasonique**

### **II.3.1.3) Expression des résultats :**

La vitesse conventionnelle de propagation est calculée par la formule :

$$V = l/t$$

l : est la distance entre le transducteur en mètres.

t : est le temps de propagation en secondes.

### **II -4) Propriétés mécaniques :**

On s'intéresse dans cette étude à déterminer les caractéristiques mécaniques suivantes : la résistance en compression des BTS à l'état sec et à l'état humide par le biais de l'essai de compression, et la résistance à la flexion en réalisant l'essai de traction par flexion. Pour chaque essai, douze blocs ont été testés (six blocs de ciment colle et six blocs de ciment blanc).

#### **II.4.1) Essai de la flexion par traction :**

La résistance à la flexion est déterminée selon la norme NF P 15-471 par un dispositif de flexion trois points. Le chargement se fait suivant la (**Figure.II.08**) :



**Figure.II.08 : Essai de flexion par traction**

$$R_f = \frac{3FI}{2ba^2}$$

Avec :

$R_f$  : est la résistance à la flexion.

$F$  : est la force appliquée en N.

$a$  : est la côté de la brique en mm

#### **II.4.2) Essai de compression :**

La résistance à la compression est déterminée selon la norme NF P 18-406, cet essai est réalisé sur un appareil de compression avec un système de pression hydraulique. L'unité de mise en charge est composée d'un bâti rigide supportant deux plateaux. La mise en charge est réalisée par pression hydraulique qui fait déplacer la partie inférieure vers le haut jusqu'à la rupture. Les éprouvettes de compression sont des cubes de dimensions (4\*4\*16) cm<sup>3</sup>, qui sont préparées à partir d'éprouvettes de flexion. Le spécimen est centré entre deux palatons métalliques de façon que l'axe vertical du spécimen coïncide avec l'axe des blocs de chargement. La charge est appliquée au spécimen de manière continue voir (**La Figure II.09**).



**Figure II.09: Essai de compression**

✓ **But :**

L'essai d'écrasement permet de mesurer la résistance à la compression des briques.

Les briques sont écrasées à plat, dans la même position qu'elles occupent dans la construction.

✓ **Principe :**

Il s'agit de soumettre un échantillon de bloc à une compression jusqu'à la rupture.

L'objectif est de déterminer la résistance nominale en compression sèche et humide des blocs de Terre stabilisée.

La résistance à la compression sera déterminée par la formule suivante :

$$R_c = \frac{F_c}{S}$$

Avec :

$R_c$  : résistance à la compression en MPa

$F$  : charge maximale supportée par les deux briques en kilo newtons (KN)

$S$  : surface moyenne des faces d'essai en centimètres carrés (cm<sup>2</sup>)

## II -5) Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons traité de la connaissance des propriétés des matériaux utilisés, qui sont :

- Argile obtenue à partir Touggourt le gisement de Beldet Amer., qui se caractérise par une densité sèche et très plastique.
- Sable obtenu à partir des dunes de sable, qui s d'Ain EL Beida (OUARGLA). Qui se caractérise par une granulométrie serrée, et qui est très propre et très fin avec une granulométrie serrée, leur module de finesse est de l'ordre de 1.23
- L'eau de gâchage provient du robinet de laboratoire.

Tous ces matériaux sont décrits selon les normes recommandées dans le domaine du génie civil.

- Les liants hydrauliques utilisés sont : le ciment colle et le ciment blanc existants sur le marché ; Ils sont normalisés et approuvés par les normes Algériennes de constructions.

Et dans le dernier, nous avons traité de la mesure des propriétés mécaniques, représentées par :

- Mesure de la résistance à la flexion, de la compression et de la vitesse.

### III -1) Introduction :

L'étude expérimentale de notre travail consiste à déterminer les caractéristiques mécaniques des briques crues de dimensions : (4\*4\*16) cm et (7\*7\*28) cm, par l'utilisation d'argile, de sable de dunes et des ciments colle et blanc. Pour cela nous avons effectué de différents essais sur les briques à savoir :

- Essais mécaniques :

Flexion par traction ;

Compression ;

Vitesse de propagation de son ;

Il est à noter que tous ces essais sont effectués aux :

- Laboratoire étude et contrôle LEC Ouargla. (Essais mécaniques)

### III -2) Préparation des briques :

#### III.2.1) Préparation des échantillons utilisés dans l'étude :

Pour la préparation des briques, nous avons suivi les étapes suivantes :

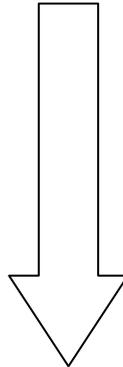
- 1- On pèse les quantités nécessaires des différents matériaux : (sable, argile, ciment blanc et ciment colle, et eau (voir photo annexe N°1) ;
- 2 - Imbiber l'argile jusqu'à la saturation durant 24h (voir photo annexe N°2) ;
- 3 - Ajouter l'eau au ciment colle (voir photo annexe N°3) ;
- 4 - Mélanger les ingrédients manuellement jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et bien mouillée (voir photos Annexe 4)
- 5 - Préparation des moules : après le nettoyage et graissage à l'aide d'une huile les moules sont prêts pour utilisation (voir photos Annexe 5)
- 6 - Remplir des moules en aciers (voir photos annexe N° (6) ;
- 7 - Coulage des éprouvettes : cette opération est exécutée en trois couches successives Compactées manuellement à l'aide d'une plaque métallique d'épaisseur de 1 cm (voir Photos Annexe 7)

8 - Une opération de finitions est exécutée sur le parement supérieur des éprouvettes

Pour obtenir des surfaces lisse (voir photo annexe N°8) ;

9 - Sécher les briques à l'air (voir photo annexe N°9) ;

( Voir photo III.1 )



**Photo III.1 : préparation des briques**

### III.2.2. Les différentes compositions utilisées:

Nous avons préparé six types de mélanges dont les compositions utilisées sont indiquées dans le tableau suivant. Nous avons réalisé 10 échantillons par composition.

On a deux types des compositions : composition avec ciment colle et composition avec ciment blanc (les quantités des différents matériaux est le même pour chaque type de ciment).

Composition	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Argile (%)	70	69	68	67	66	65
Sable (%)	30	30	30	30	30	30
Ciment colle (%)	0	1	2	3	4	5
Eau/P (%)	40	40	40	40	40	40

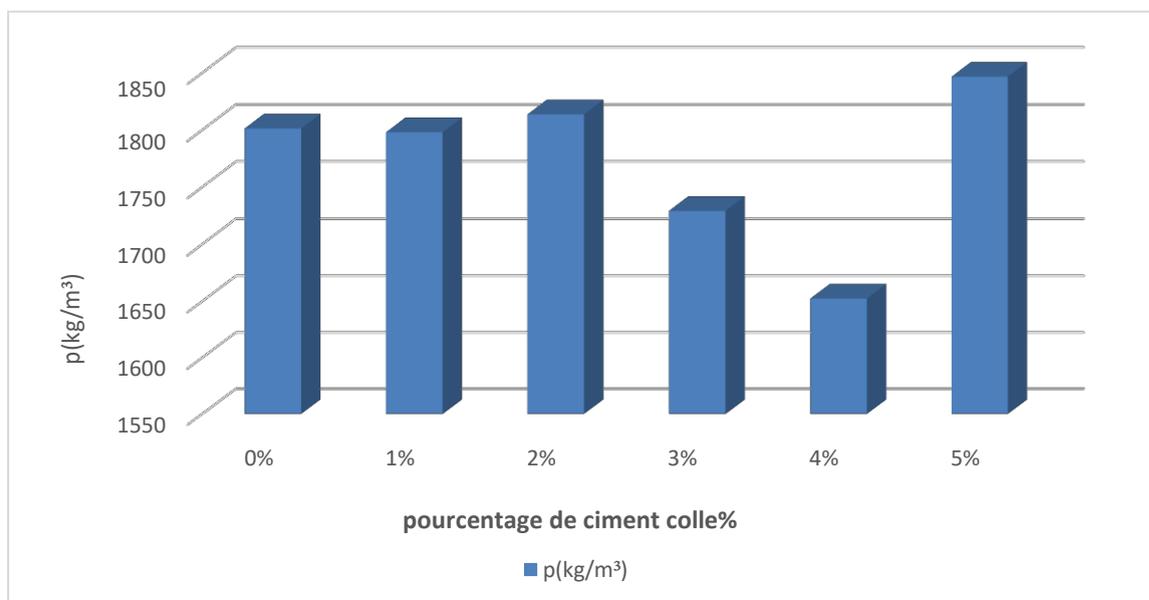
### III.1 : Les différentes compositions utilisées

### III.3. Résultats et Discussions :

#### III.3.1. La masse volumique :

a. La masse volumique en fonction de Ciment colle :

Le figure (III.1) montre la variation de la masse volumique des briques en fonction du pourcentage % de ciment colle dans la confection de la brique en terre crue.



**Figure. III. 1 : La masse volumique en fonction du pourcentage % de la ciment colle.**

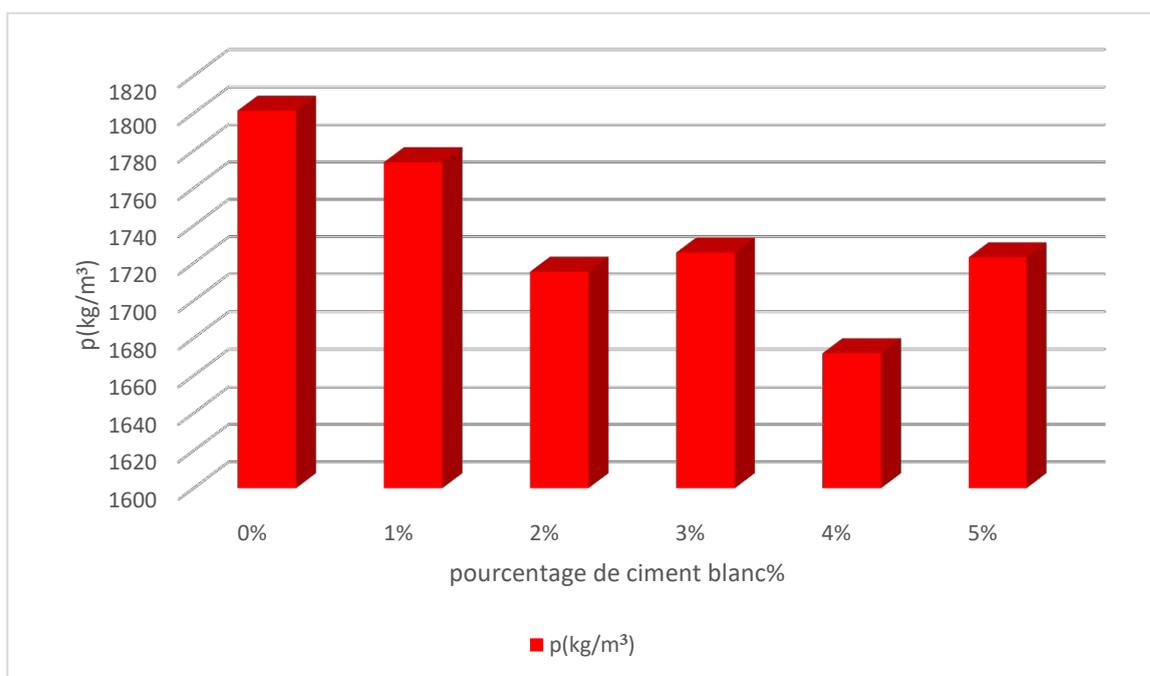
D'après la figure ( III. 1 ) :

-La masse volumique des échantillons (C1) (C3) et (C6) sont les plus élevées qui contiennent des pourcentages (0%) (2%) et (5%) de ciment colle.

-Les masses volumiques des autres compositions sont proches.

b. La masse volumique en fonction de Ciment Blanc :

Le figure (III.2) montre la variation de la masse volumique des briques en fonction du pourcentage % de ciment blanc dans la confection de la brique en terre crue.



**Figure. III .2 : La masse volumique en fonction du pourcentage % de la ciment blanc**

-La masse volumique des échantillons (C1) et (C2) sont les plus élevées qui contiennent des pourcentages (0%) et (1%) de ciment colle.

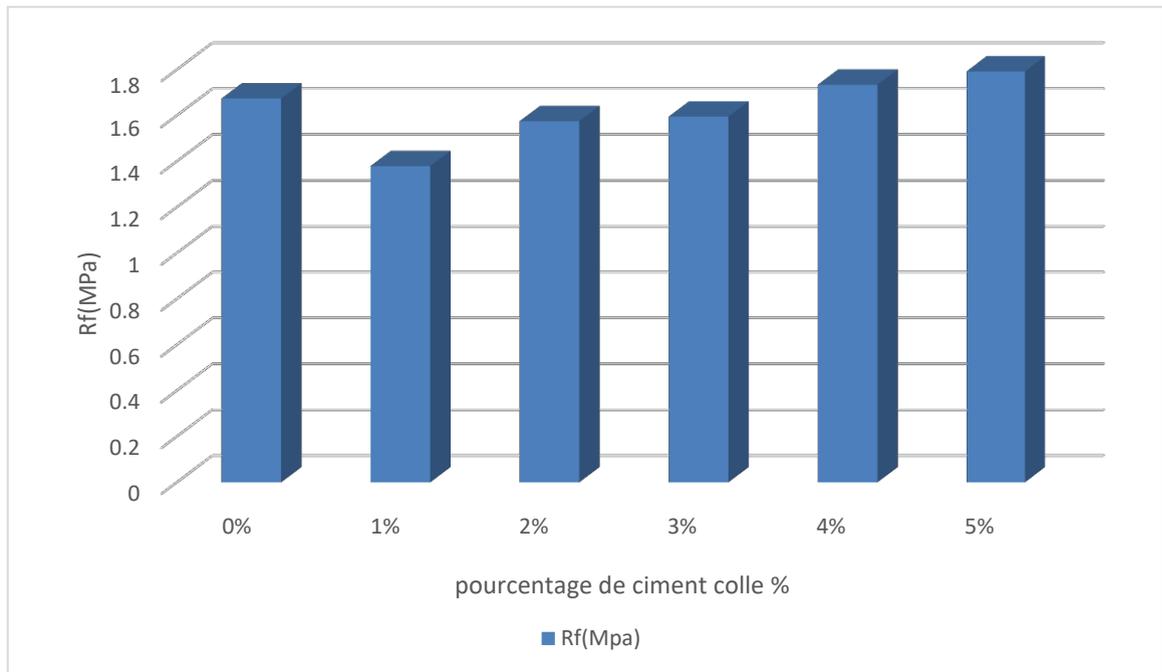
-Les masses volumiques des autres compositions sont proches.

### III.3.2. Essais Mécanique :

#### III.3.2.1. La Résistance à la flexion par traction :

a. La Résistance à la flexion par traction en fonction de ciment colle :

Le figure (III.3) montre la variation de la résistance à la flexion des briques en fonction du pourcentage % de ciment colle dans la confection de la brique en terre crue.



**Figure. III .3 : La résistance à la flexion par traction des briques en fonction du % de ciment colle.**

Selon la figure (III .3) :

-La plus haute résistance à la flexion par traction a été enregistrée à 5% de ciment colle, estimée à 1,792 MPa

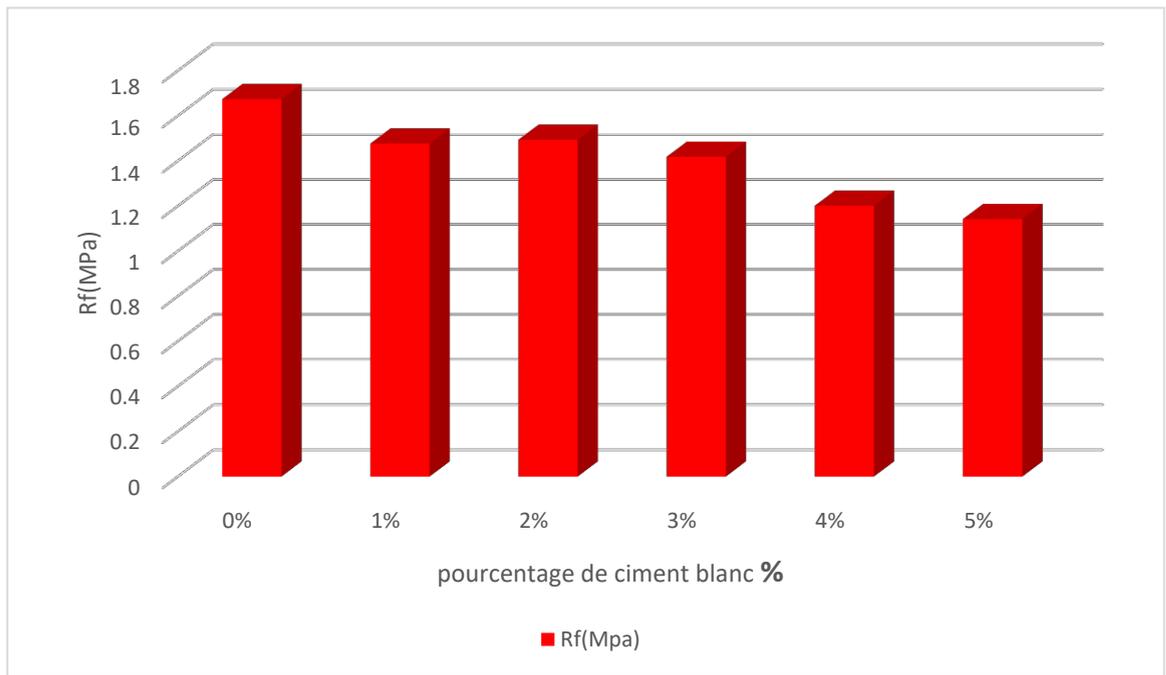
-La plus faible résistance à la flexion par traction a été enregistrée à 1% de ciment colle, estimée à 1,379 MPa

- Ainsi, on constate que plus le pourcentage de ciment colle est élevé, plus la résistance à la flexion par traction est importante.

L'augmentation de la résistance à la flexion lors de l'ajout de pourcentages accrus de colle de ciment est due à : augmentation de la rigidité, degré de rigidité ,augmentation mécanique

b. La Résistance à la flexion par traction en fonction de ciment blanc :

Le figure (III.4) montre la variation de la résistance à la flexion des briques en fonction du pourcentage % de ciment blanc dans la confection de la brique en terre crue.



**Figure. III .4 : La résistance à la flexion par traction des briques en fonction du % de ciment blanc.**

Selon la figure (III .4) :

-La plus haute résistance à la flexion par traction a été enregistrée à 0% de ciment blanc, estimée à 1,674 MPa.

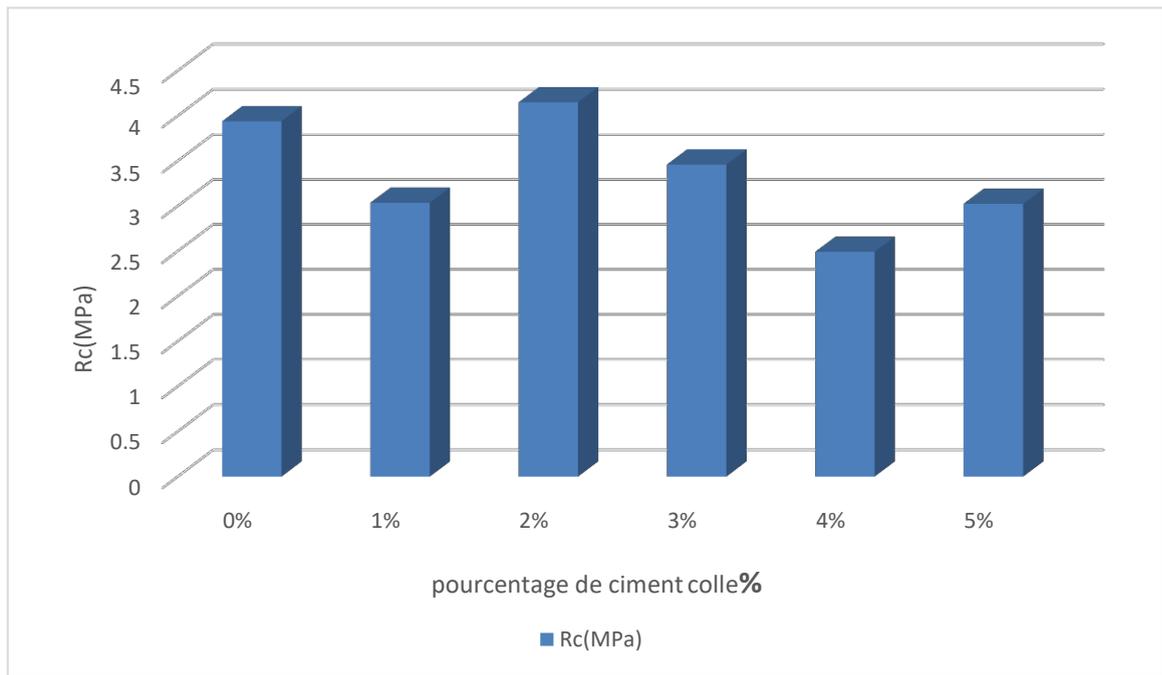
-La plus faible résistance à la flexion par traction a été enregistrée à 5% de ciment blanc, estimée à 1,142 MPa.

-Ainsi, on constate que plus le rapport ciment blanc est élevé, plus la résistance à la flexion par traction est faible.

### **III.3.2.2) La Résistance à la Compression :**

#### **a. La résistance à la Compression en fonction de ciment colle :**

Le figure (III.5) montre la variation de la résistance à la compression des briques en fonction du pourcentage % de ciment colle dans la confection de la brique en terre crue.



**Figure. III.5 : La résistance à la compression en fonction du % de ciment colle.**

Selon la figure (III .5) :

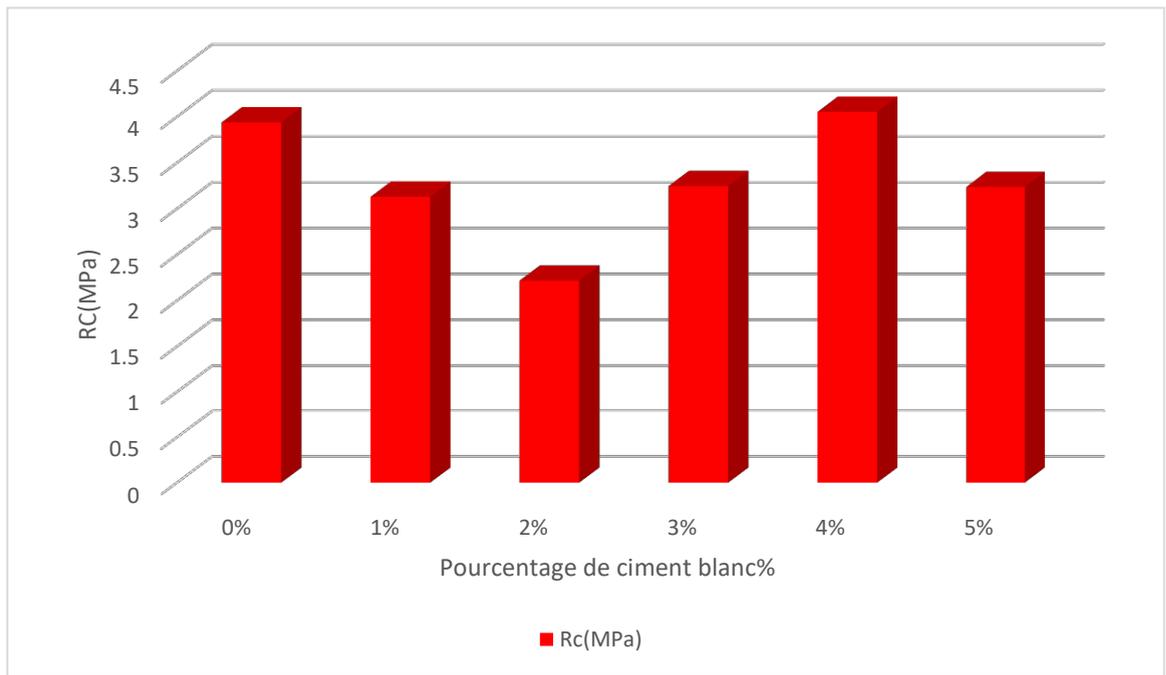
-Il y a une diminution de la résistance à la compression des briques à 5% de ciment blanc, qui est estimée à 2.492MPa.

-Il y a une augmentation approximative de la résistance à la compression entre (0% -1% -3% - 5%) du ciment blanc.

-La meilleure résistance à la pression est à 2%, ce qui est estimé à 4,150 MPa

**b.** La résistance à la Compression en fonction de ciment blanc :

Le figure (III.6) montre la variation de la résistance à la compression des briques en fonction du pourcentage % de ciment blanc dans la confection de la brique en terre crue.



**Figure. III .6 : La résistance à la compression en fonction du % de ciment blanc.**

Selon la figure (III .6) :

-Il y a une diminution de la résistance à la compression des briques à 5% de ciment blanc, qui est estimée à 2,217MPa

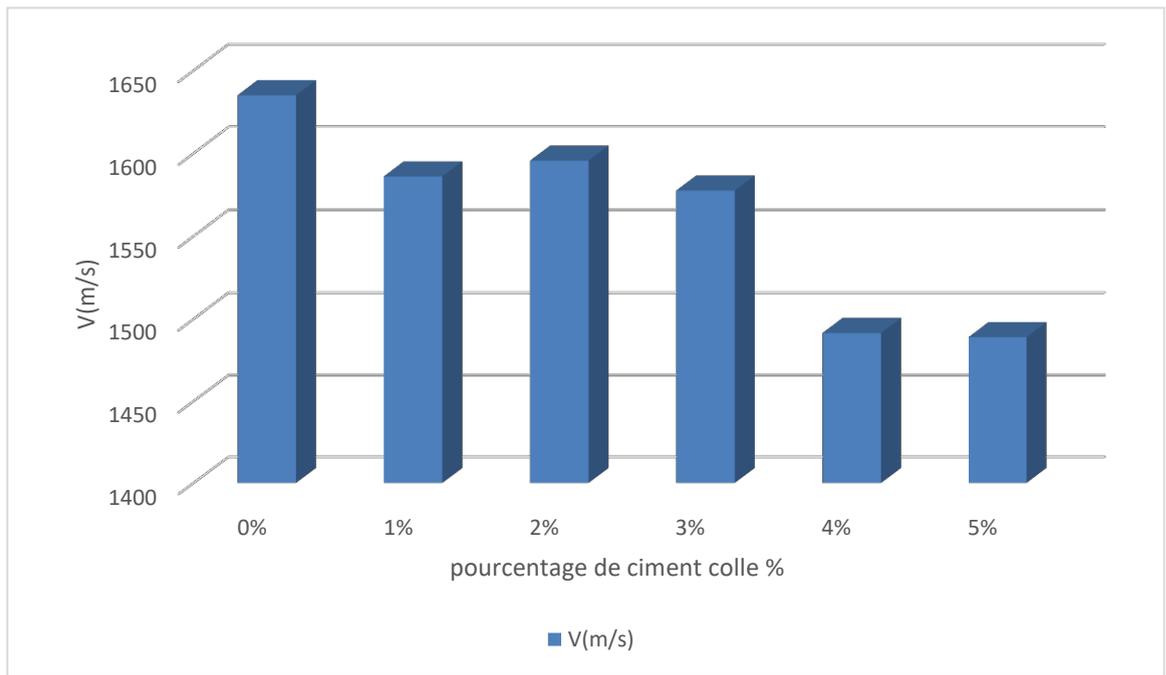
-Il y a une augmentation approximative de la résistance à la compression entre (0% -1% -3% - 4%) du ciment blanc.

-La meilleure résistance à la pression est à 2%, ce qui est estimé à 4,054 MPa

### **III.3.2.3. La vitesse de son :**

#### **a. La vitesse de propagation du son en fonction de ciment colle :**

La figure montre III.7 : la variation de la vitesse de son des briques en fonction des différents pourcentages de ciment colle.



**Figure. III .7 : La vitesse de propagation du son des briques en fonction du % de ciment colle.**

D'après la figure (III .7) :

- La vitesse la plus élevée de propagation du son de la brique était dans la composition (C0 le témoin), qui contient 0% de ciment blanc.

La brique (C5) avec le pourcentage le plus élevé de ciment blanc 5% a donné la valeur la plus basse de la vitesse du son qui est 1489.

Est noté Diminuer la vitesse de Propagation dans composition 3% -4%.

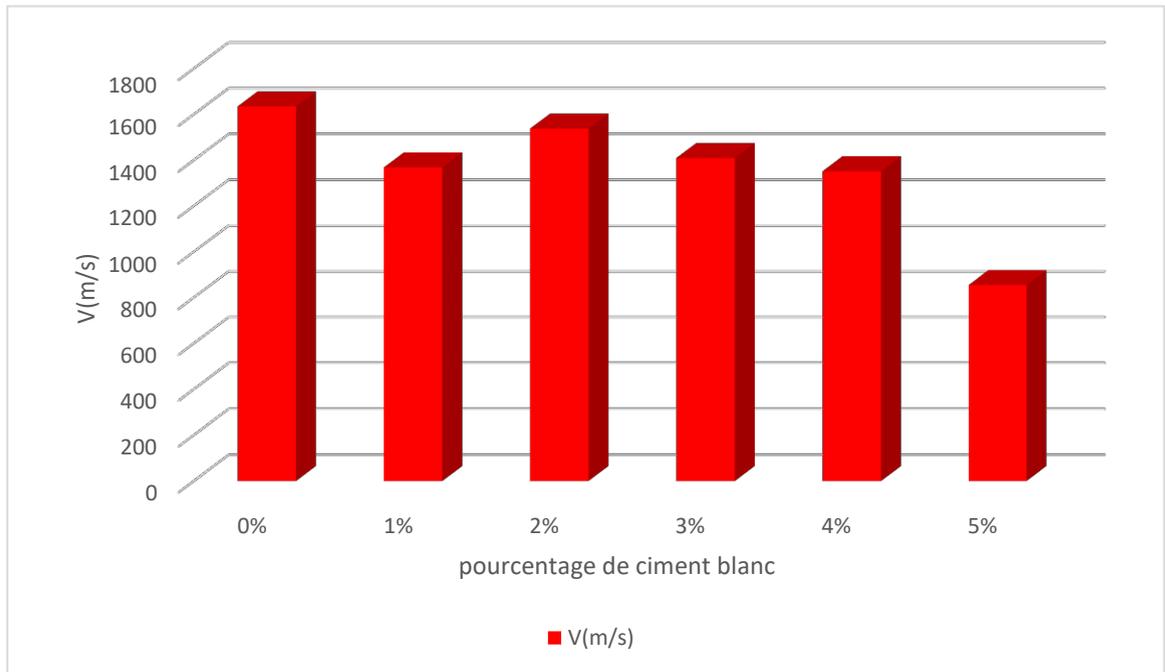
La vitesse de propagation du son dans les briques est un indice qui définit le taux de vide dans la matrice, ce dernier influe directement sur :

- la masse volumique ;
- la résistance à la compression ;
- l'isolation thermique.

Le choix des briques dépend de la vitesse du son qui donne une résistance de compression convenable. Cet essai est réalisé au laboratoire LEC.

### **b. La vitesse de propagation du son en fonction de ciment blanc :**

La figure montre III.8 : la variation de la vitesse de son des briques en fonction des différents pourcentages de ciment blanc.



**Figure. III.8 : La vitesse de propagation du son des briques en fonction du % de ciment blanc.**

D'après la figure (III.8) :

- La vitesse la plus élevée de propagation du son de la brique était dans la composition (C0 le témoin), qui contient 0% de ciment blanc.

La brique (C5) avec le pourcentage le plus élevé de ciment blanc 5% a donné la valeur la plus basse de la vitesse du son qui est 855

Est noté Diminuer la vitesse de Propagation dans composition 3%-4%.

La vitesse de propagation du son dans les briques est un indice qui définit le taux de vide dans la matrice, ce dernier influe directement sur :

- la masse volumique ;
- la résistance à la compression ;
- l'isolation thermique.

Le choix des briques dépend de la vitesse du son qui donne une résistance de compression convenable. Cet essai est réalisé au laboratoire LEC.

### **III.4) conclusion :**

L'augmentation de La pourcentage de ciment blanc et colle peut avoir un effet positif ou négatif sur la brique.

Où à travers les résultats, nous concluons ce qui suit :

Quant à la résistance à la flexion :

- L'augmentation du ciment colle augmente la résistance à la flexion, contrairement au ciment blanc, ce qui conduit à sa diminution.
- Cependant, la composition (C1) sans additifs est la meilleure, ce qui donne les valeurs les plus élevées de résistance à la flexion dans le ciment blanc, mais dans le ciment colle la composition C5 est la meilleure.

Quant à la résistance à la pression et à la vitesse de propagation du son :

- La valeur la plus élevée est enregistrée à la composition (2%) Dans le cas de ciment colle et ciment blanc) Cependant, la meilleure valeur reste à la composition 0 %

Ainsi, lorsque l'on connaît les propriétés mécaniques de ces matériaux, on peut les utiliser dans la construction de maisons.

## Conclusion générale :

Le but de cette étude était de connaître les propriétés physiques et chimiques, et cela a été fait en ajoutant de ciment colle et blanc.

Notre travail comprenait deux aspects, un aspect théorique et un aspect expérimental :

1- L'aspect théorique, dans lequel une explication détaillée des briques, des types, des méthodes de fabrication et des caractéristiques a été expliquée.

La recherche portait sur BTS, nous avons abordé pour découvrir ce qui suit :

- Définition de la stabilité
- Ses objectifs
- Ses opérations
- Ses moyens
- Modèles utilisés dans la stabilisation des sols
- Calcul des doses de fixation

2- L'aspect expérimental, lui-même divisé en deux parties :

- La première partie, qui donne un aperçu des matériaux utilisés dans l'étude, à savoir l'argile, sable des dunes, l'eau, ciment colle et le ciment blanc.

Chacun de ces matériaux à certaines caractéristiques qui le distinguent des autres.

- La deuxième partie était une série de tests réalisés sur différents types de formulations avec des proportions différentes d'argile et de colle de ciment ou de ciment blanc (les proportions de colle de ciment sont les mêmes que celles de ciment blanc).

70% argile 30% sable

69% argile 30% sable 1% ciment colle

68% argile 30% sable 2% ciment colle

67% argile 30% sable 3% ciment colle

66% argile 30% sable 4% ciment colle

65% argile 30% sable 5% ciment colle

Après l'expérience, nous avons conclu ce qui suit :

L'augmentation de dosage du liant provoque :

- Ciment colle :
  - une augmentation de la résistance à la flexion.
  - une diminution de vitesse de propagation de son.
  - une diminution de la résistance à la compression.

- Ciment blanc :

- une diminution de la résistance à la flexion.
- une diminution de vitesse de propagation de son.
- une diminution de la résistance à la compression.

Le choix des briques dépend des aspects suivants :

Aspect technique (résistance à la compression, flexion et vitesse de propagation du son).

L'aspect économique (coût du produit).

Nous avons sélectionné une brique de composition (C3, 2%), qui a des caractéristiques optimales et un prix de revient acceptable, par comparaison.

Avec les briques vendues, nos briques sont acceptables sous tous les aspects.

## **Recommandations :**

D'après les résultats obtenus par cette recherche, et en vue d'une future utilisation rationnelle et efficace des matériaux locaux, nous recommandons suivants :

- ❖ Étudier comment améliorer le comportement mécanique des blocs de terre comprimée, en vue de rendre utilisable dans la construction des maisons, il est nécessaire de s'assurer qu'ils possèdent des propriétés mécaniques suffisante (résistance à la compression)
- ❖ Développement de tests d'aptitude au sol au moyen de divers outils de laboratoire permettant de réaliser des tests d'identification avant de se lancer dans une installation, une bonne maîtrise des techniques d'identification guidera les options d'ancrage
- ❖ L'utilisation de ces matériaux dans la confection des briques peut présenter des avantages à la fois techniques et économiques.

## Référence

- [1] : **MEUKAM.P**, « Valorisation des briques de terre stabilisées en vue de l'isolation thermique de bâtiments » Thèse doctorat, université Yaoundé, Décembre 2004
- [2] : Fiche technique Qualiremo, « La terre crue », « [www. tkTerreCrue.html](http://www.tkTerreCrue.html). », Avril 2008.
- [3] : **RICHARD.P**, « Adobe », mémoire Maître en environnement, Université de Sherbrooke Canada, Octobre 2010.
- [4] : **MAKRIM**, « Projet GE12 Construction en terre » Technologie compiègne, 2010
- [5] : CRA Terre EAG « Bloc de terre comprimée volume I » Manuel de production.
- [6] : **DJOUHRLM**, « Confection d'une brique à base de sable de dune » mémoire magister, Université de Ouargla, 2007.
- [7] : CORPUS « Mur de briques en terre crue » Architecteur traditionnelle méditerranéenne, 2006.
- [8] : **RHONE A.**, « Le pisé » [www.ageden.org](http://www.ageden.org), Edition Décembre 2010.
- [9] : CRA Terre « Blocs de terre comprimée normes » Série Technologies.
- [10] : **LIVERT S.**, « Bâtir un mur en briques de terre compressée », Février 2011.
- [11] : **TAALLAH B.** ; « ETUDE DU COMPORTEMENT PHYSICO-MECANIQUE DU BLOC DE TERRE COMPRIMÉE AVEC FIBRES », Thèse de Doctorat
- [12] : **L. ALVISET**, Matériaux de Terre Cuite "Techniques de l'Ingénieur" 1994
- [13] : CRA Terre Centre International pour la Construction en Terre, **H. GUILLAUD**, Ecole d'Architecte de Grenoble, Encyclopédie de Bâtiment Tome 2 Edition Wake 1997
- [14] : **MEKHERMECH A.** ; « Contribution à l'étude des propriétés mécaniques et thermiques des briques en terre en vue de leur utilisation dans la restauration des Ksours sahariennes », Thèse de Doctorat
- [15] : CRA Terre, **H. HOUBEN** et **H. GUILLAUD**, Traité de Construction en Terre, Edition Parenthèses, Marseille, 1989
- [16] : **VOLHARD, F**, La Construction en Terre–Paille, Ancien Matériau Nouvelle Technique, Edition CRA Terre, Grenoble, 1991
- [17] : **Vincent Rigassi**, CRA Terre-EAG, bloc de terre comprimée volume I manuel de production.
- [18] : **ATHIL**, Guide Pratique pour l'Emploi des Ciments, Edition Eyrolles 1998.
- [19] : **G. DEUX, J. FESTA**, Nouveau Guide du Béton et de ses Constituants

Edition Eyrolles 1998.

[20] :**Horta O S.**, 1979 – Les encroûtements calcaires et les encroûtements gypseux en Géotechnique routière – Service des publications du laboratoire de M.D.S., Base SONATRACH, Blida, Algérie.

[21] :**VENUAT M.**, "Produits Silico-calcaire "Techniques de l'Ingénieur ; 1994.

[22] :**OLIVER E .**, "Technologie des Matériaux de Construction", Edition ISBN ; 1976

[23] :**LEMOUGNA NINLA P.**, "Contribution a la diminution des casses dans la production des briques de terre cuite à la PROMOBAT", mémoire D.E.S.S Licencié en Chimie l'École Nationale Supérieure Polytechnique, 'Université de Yaoundé ; 2002-2003

[24] : **N. ARABI**, Mémoire de Magister "Etude des Brique Silico-calcaire à Base de Laitier Granule, Université De Anaba 1988.

[25] : **R. Delebecque**, Éléments de Construction "Bâtiment", Edition Delagrave 1990.

[26]: [www.bricoman.fr](http://www.bricoman.fr).

[27]: [www.hmf.enseeiht.fr](http://www.hmf.enseeiht.fr).

[28] : [www.hmf.enseeiht.fr](http://www.hmf.enseeiht.fr).

[29] : CRA Terre, Centre International pour la Construction en Terre, H. GUILAUD, Ecole d'Architecte de Grenoble, Encyclopédie de Bâtiment Tome 2 Edition Wake 1997.

[30] : CRA Terre, **H .HOUBEN, H** et **VERNEY, P.E.** Bloc de Terre Comprimée

[31] **KEBAÏLI N.**, « Analyse du gonflement de l'argile en relation avec ses limites de résistance Application aux argiles de Hassi Messaoud et d'In Aménas » mémoire magister, Université de Ouargla ,2006.

[32] L'office National De Météorologie « Les données climatique de Ouargla de l'année 2002 jusqu'à l'année 2011 ».

[33] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Brique\\_\(matériau\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Brique_(matériau))

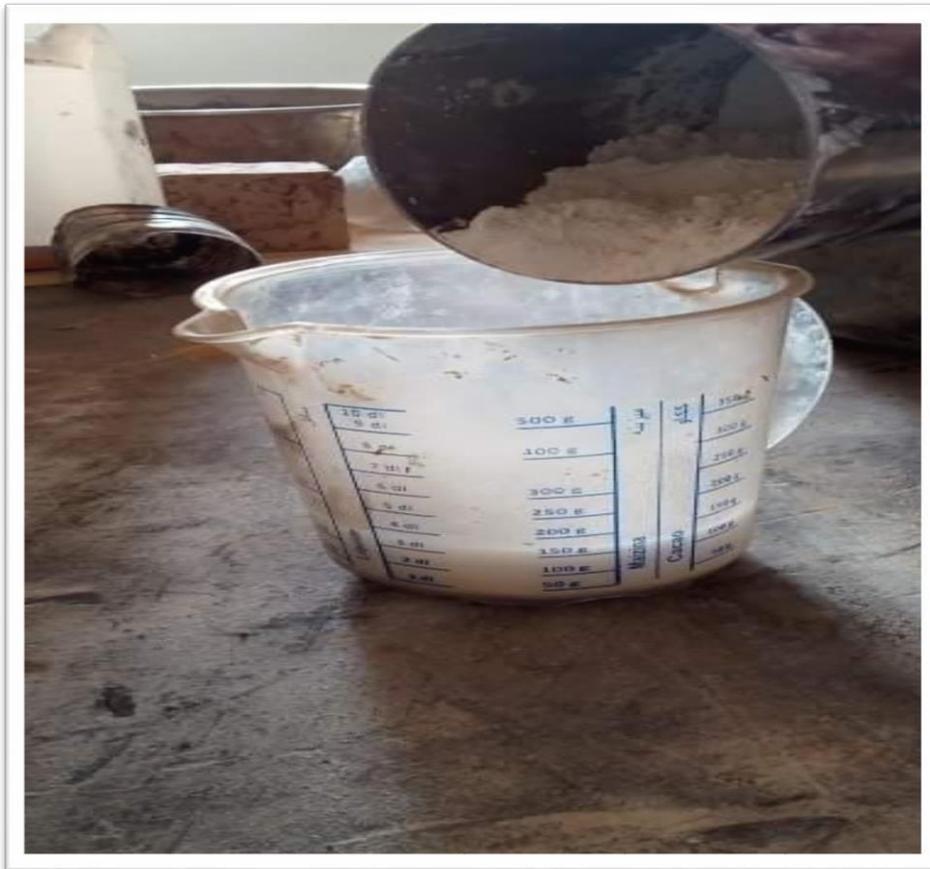
## Annexe 01



## Annexe 02



### Annexe 03



### Annexe 04



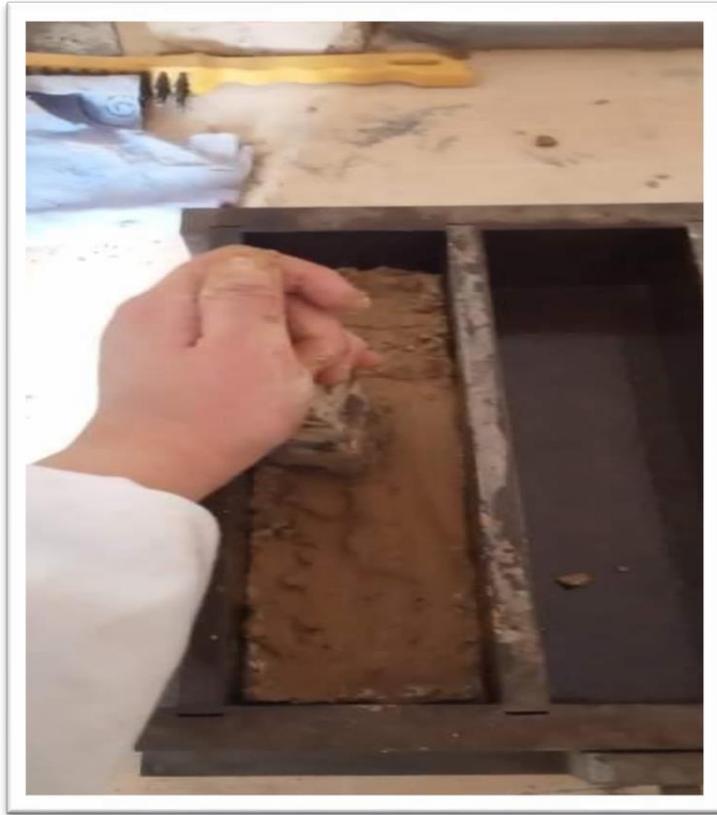
**Annexe 05**



**Annexe 06**



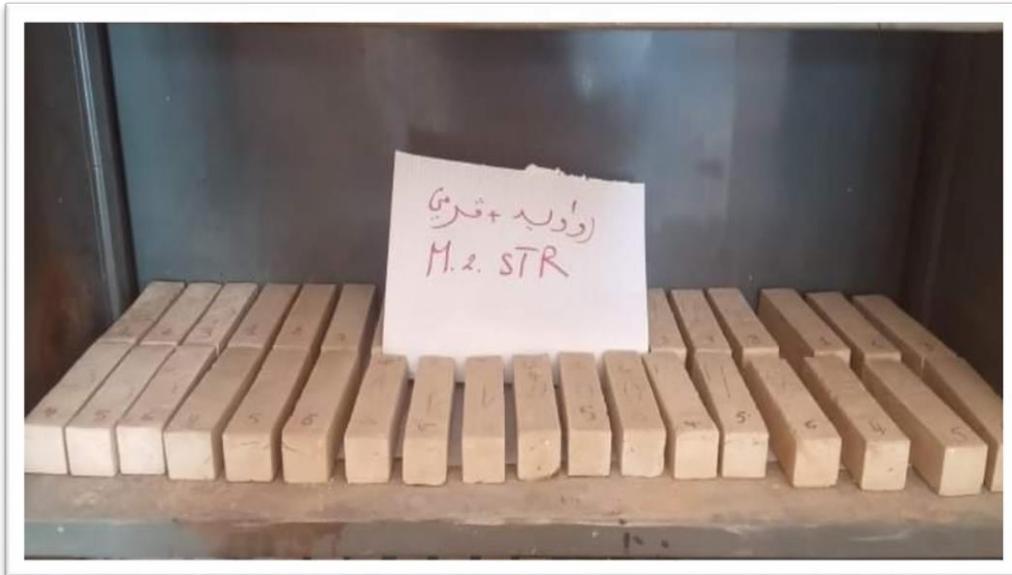
**Annexe 07**



**Annexe 08**



**Annexe 09**



**Annexe 10 : L'essai d'écrasement (résistance à la compression )**



## Annexe 11: Essai ultrasonique



## Annexe 12 : Essai de flexion par traction

